L'UNIVERSO LEZIONI POPOLARI DI FILOSOFIA ENCICLOPEDICA...

L'UNIVERSO

LEZIONI POPOLARI

DI

FILOSOFIA ENCICLOPEDICA

E PARTICOLARMENTE DI

ASTRONOMIA

E DI

ANTROPOLOGIA

cioè: intorno ai principii fondamentali di tutte le Scienze, ed in particolare intorno al CIELO, ed all'origine e STORIA dell'UOMO,

DATE

NELLE PRINCIPALI CITTÀ D'ITALIA

DA

QUIRICO FILOPANTI

GIÀ PROFESSORE ORDINARIO DI MECCANICA E D'IDRAULICA
POSCIA LIBERO INSEGNANTE DELLE MEDESIME SCIENZE
NELL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fascicolo II.

CONTENENTE IL RESTO DELL'INTRODUZIONE E LA PRIMA LEZIONE DI ASTRONOMIA

BOLOGNA, Gennaio 1872
Stabilimento Tipografico di Giacomo Monti.

ELENCO DEI SIGNORI ASSOCIATI

– CONTINUAZIONE –

BOLOGNA - Seconda Lista

Approsio Cav. Antonio.
Audinot Cav. Rodolfo, Senatore del Regno.
Ceccarini Cavaliere, Direttore delle Carceri di S. Lodovico.
Barigazzi Ing. Augusto.
Baruzzi Prof. Cincinnato.
Bassi Giuseppe.
Bassi Avv. Luigi.
Bernaroli Francesco.
De Blasi Cav. Francesco.
Bolis Napoleone.
Bombicci Prof. Luigi.
Bosi Prof. Federico.
Brisi Eugenio.
Brini Camillo.
Brugnoli Prof. Giovanni.
Busi Avv. Leonida, Deputato al Parlamento.
Buswell L. F.
Calgarini Avv. Giacinto.
Canonici Filippo.
Carducci Prof. Giosuè.
Carpi Alessandro.
Carpi Avv. Francesco.
Cavazzi Ing. Ercole.
Cassani Prof. Giacomo.
Cesari Giuseppe.
Coli Prof. Gaudenzio.
Comi Prof. Gregorio.
Corio Avv. Leopoldo.
Dalgas Prof. Gaetano.
De Foresta Cav. Giovanni, Presidente del Tribunale d'Appello.
De Luca Marchese Francesco.
Dondini Cesare.
Ebhardt Giusto.
Ellero Prof. Pietro.
Farnetti Dott. Filippo.
Fusconi Avv. Cav. Carlo.
Galvagni Avv. Eugenio.
Galvagni Dott. Alessandro.
Garelli Abate Antonio.
Ghillini Avv. Gaspare.
Giorgi Alessandro.
Iarach Alberto.
Lenzi Dott. Giuseppe.
Loreta Prof. Pietro.
Lunardi Ing. Cesare.
Mantovani Avv. Pietro.
Mantovani Orsetti Prof. Domenico.
Martinelli Cav. Avv. Serafino.
Mattioli Avv. Giuseppe.
Massiotti Angelo.
Mazzei Avv. Pompeo.
Menarini Cesare.
Michiez Dott. Jacopo, Direttore dell'Osservatorio di Bologna.
Monetti Dott. Fausto.
Monti Ing. Raffaele.
Monti Signora Teresa.
Orgnani Giuseppe.
Padoa Pellegrino.
Panzacchi Prof. Enrico.
Peri Celso.
Perugia Raffaele.
Pescatori Erminio.
Quadri Ugo.
Rabbi Luigi.
Rettore del Collegio di Spagna.
Revedin Conte Giovanni
Rivani Cav. Dott. Luigi.
Rusconi Cav. Giuseppe.
Saccenti Dott. Cesare.
Sacchetti Ing. Gualtiero.
Sanguinetti Alberto.
Santagata Prof. Domenico.
Sarti Cesare, capo contabile prov.
Sassòli Alessandro.
Savini Dott. Gaetano.
Società Artigiana.
Tadolini Raffaele.
Tagliazucchi Pietro.
Tedeschi Marchese Gaetano.
Tomaselli Prof. Contardo.
Torri Cesare.
Tubertini Ottavio.
Uccelli Biagio.
Vecchi Mauro.
Vella Cav. Prof. Luigi.

LEZIONE DICIOTTESIMA

Idraulica — *(Parte Seconda)*

Si chiamano linee di livello, o *curve isoipsiche*, (da *isos* eguale, *hypsos* altezza) le linee che passano per una serie di punti di egual altezza sul livello del mare, o, più esattamente, tali che potrebbero formar il contorno della superficie di un'acqua stagnante. Perciò le linee che segnano il confine della terra e del mare, i contorni dei laghi, sono tutte linee isoipsiche.

Sono importantissime le linee isoipsiche per l'Idraulica, per l'Agricoltura, per lo stabilimento delle strade ferrate e comuni. Si possono facilmente tracciare per approsimazione e per interpolazione, coll'aiuto di un gran numero di punti livellati col barometro.

Imaginiamo una serie di curve isoipsiche già tracciate sulla superficie solida del globo, e che attorno a ciascuna curva sia segnata la relativa altitudine sul livello del mare, in metri od altra unità lineare. Imaginiamo di più che un rivoletto di acqua si spicchi dal fianco di un monte per discendere a valle. Qual direzione prenderà egli? Tutti sanno comprendere chiaramente che il rivoletto passerà da una curva isoipsica ad un'altra più bassa, non già dalle basse alle alte: ossia tutti sanno che l'acqua *va in giù*, secondo la breve ed espressiva frase comune. Tutti ancora comprendono, almeno in confuso, che il rigàgnolo passerà dalle linee più alte alle più basse per le linee di maggior pendenza. Se il tratto interposto fra due curve vicinissime si può considerare come un piano inclinato, e se le due curve isoipsiche sono paralelle,

la linea di maggior pendenza è la più breve che si possa condurre dall'una all'altra, e quindi la retta normale ossia perpendicolare ad entrambe.

La legge idrografica fondamentale è dunque questa: un corso d'acqua, grande o piccolo, l'immenso Amazone, egualmente che un ruscellino cui il piede d'un fanciullo può sbarrare attraverso, percorrono una linea, retta o curva, più generalmente curva, ma dappertutto normale alle diverse curve isoipsiche cui esso traversa.

Se in una carta geografica sono indicate le montagne, anche quando non vi fossero egualmente indicati i fiumi, si indovinerebbe facilmente la posizione approssimata di questi ultimi. Badate da qual parte è rivolta la concavità della cresta di una catena di montagne: da varii punti di questa cresta tirate mentalmente altrettante perpendicolari alla curva della cresta medesima; dove s'incontrano queste varie perpendicolari, ivi, o poco lontano di là, correrà il fiume.

Guardate per esempio alla mappa dell'America meridionale. Scorgerete che la gigantesca cordigliera delle Andes, radendo l'Oceano Pacifico, descrive un grande arco di circolo che si estende dall'Istmo di Panamà sino all'estremità meridionale del Perù, e getta due immensi speroni o contrafforti, uno a sinistra, l'altro a destra, che vanno a terminare tutti e due nell'Oceano Atlantico.

Lo spazio racchiuso fra le creste di queste due grandissime catene secondarie, la cresta della catena principale, e la spiaggia dell'Oceano Atlantico, forma il più gran bacino del globo terracqueo. Qui in mezzo adunque deve correre il più gran fiume della Terra; tanto più che il bacino è tutto sotto la zona torrida, ed i caldi venti alisei, i quali spirano costantemente da oriente ad occidente, spazzando l'Oceano Atlantico si caricano di vapori, cui vanno a precipitare, per raffreddamento, sugli

eccelsi e gelidi pendii della Cordigliera. Ed il gran fiume vi corre davvero: è il gigantesco Amazzone, eguale, pel volume delle acque da lui portate al mare, a circa centoventotto volte il nostro Po (1). Il nome di Amazzone, o fiume delle Amazzoni, deriva dalla circostanza che il viaggiatore spagnuolo Orellana, nel discendere il corso di questo fiume, ebbe a combattere contro alcune donne armate.

Il più gran fiume dell' America e del globo, subito dopo l' Amazzone, benchè meno della metà dell' Amazzone stessa, è il Rio della Plata, eguale a 49 Po riuniti! Il nome di *Rio de la Plata*, che in lingua Spagnuola vuol dire fiume dell' argento, gli fu imposto da un nostro compatriota, Sebastiano Caboto, il quale trovò sulle ripe di quel gran fiume un ricco bottino di oro e di argento. Un altro nostro illustre compatriota, il General Garibaldi, incominciò la sua mondiale celebrità sulla sponda sinistra di questo medesimo fiume, a Montevideo. Il terzo gran fiume dell' America e del Mondo, è il Mississipì, equivalente a 34 Po. Il quarto fiume di America, quarto o quinto del mondo, è l' Orenoco, grande in circa come ventisei Po,

---

(1) Il *modulo* del Po, ossia la quantità media di acqua cui egli trasporta al mare in un minuto secondo, è, secondo il Lombardini, 1720 metri cubici: la sua portata massima è quadrupla, e la minima un quarto, della media. Bisogna però considerare questi dati come larghe approssimazioni al vero; e dentro limiti d' incertezza molto più larghi ancora sono racchiuse le cifre di confronto, da me qui esposte, fra la portata del Po, e quelle degli altri grandi fiumi. Pure questi dati, anche nella loro inesattezza, sono utili a formarci un qualche concetto della maggiore o minor grandezza dei più celebri fiumi del mondo.

e comunicante coll' Amazzone per mezzo di una specie di canal naturale, formato dal Cassiquiari e dal Rio Negro, degni essi medesimi del nome, cui portano, di gran fiumi. Cristoforo Colombo, prima ancora di avere posto piede nella terraferma di America, argomentò l'esistenza di un gran continente nel vedere il vasto volume delle acque dell' Orenoco, al suo sbocco in mare.

Quinto frai grandi fiumi Americani, benchè non quinto di grandezza nel mondo, è il San Lorenzo. Egli alimenta, però sotto altri nomi, il sistema dei magnifici ed amplissimi laghi Superiore, Michigan, Urone, Erie, ed Ontario, che sono come mari di acqua dolce. Nel passare dal lago Erie al lago Ontario, le acque del San Lorenzo si precipitano da un' altezza di cinquanta metri, e formano la sublime cataratta del Niagara, il di cui rombo fassi sentire a sessanta chilometri di distanza. Guardando all' ossatura o disposizione generale delle montagne sul continente Americano, è agevole il trovar la ragione dell' esistenza di cotesti grandi fiumi uno per uno.

Il più gran fiume dell' Asia, e quarto o quinto al mondo, è il Yan-tsi-Kiang, o fiume azzurro della China. Può computarsi eguale a circa 25 Po. Altri grandissimi fiumi Asiatici sono l' Hoango, o fiume giallo della China, l'Oby, che si può credere eguale a circa 18 Po, l' Amour 17, il Gange 15, l' Indo 13, l' Eufrate 6. Si sa che il Nilo è il più gran fiume dell' Affrica: all' epoca delle sue periodiche e fecondatrici escrescenze sarà forse eguale a 20 Po. Il maggior fiume d' Europa, il Volga, può ritenersi eguale ad otto Po, il Danubio a sette; la Neva, il Don, il Dnieper, ed il Dniester, circa tre o quattro Po per ciascheduno. Gli altri più celebri fiumi di Europa, la Vistola, l' Oder, l' Elba, il Weser, il Reno, il Rodano, la Loira, il Tago, l' Ebro, il Guadalquivir, sono eguali o poco maggiori del Po. Ho io bisogno di dire che chiun-

que ha un' idea alquanto chiara della giacitura delle Alpi, le quali sono la più grande ed alta catena montuosa dell' Europa, della concavità del loro partiacqua rivolto verso l' Italia, dell' angolo acuto formato dalla linea dell' Appennino colla linea delle Alpi, della posizione dell' Italia fra due mari, e ad una latitudine più meridionale che la maggior parte dell' Europa, congetturerebbe l' esistenza del più gran fiume d' Italia, e ad un tempo uno dei più gran fiumi di Europa, precisamente dove corre il Po, anche se non ne avesse una positiva cognizione di fatto?

È un fatto notabile che alla testa di un gra golfo sbocca per lo più un gran fiume. Avviene ciò probabilmente perchè una comune causa geologica formò le due sponde del golfo, bagnato dalle acque salse, e le due falde di montagne, che sono come la continuazione di quelle sponde del golfo, o viceversa: dalle quali opposte falde di monti convengono i rivi e torrenti per formare nella comune linea di massima depressione, un fiume: questo fiume continuerebbe il suo cammino per la linea di massima depressione longitudinale del golfo, se non vi fosse l' acqua del mare. Così l' Amazzone ed il Rio della Plata sboccano in due golfi, ciascuno dei quali sembra confondere la sua origine colla parte inferiore del corso del fiume, tanto che per molte e molte miglia non si sa precisare dove termini il fiume, e dove cominci il golfo. Così il Mississipì sbocca nel golfo del Messico; il fiume San Lorenzo nel golfo che da lui prende il nome; il Nilo nel golfo di Pelusio; il Negro nel Golfo di Guinea; il fiume Giallo nel Mar giallo, che è più veramente un golfo; il Gange nel golfo di Bengala, l' Indo nel golfo di Oman, l' Eufrate nel seno Persico, il Po vicino alla testa dell' Adriatico, che è un vero golfo, anzi fu già chiamato il golfo di Venezia.

Le eccezioni a questa regola sono più spesso appa-

renti che reali: imperciocchè il fiume colle sue alluvioni, continuate per una serie di secoli, ha tanto esteso il proprio delta, da colmare il golfo dove egli sboccava.

Il punto culminante dell' Europa, per la sua altezza sul livello del mare, è la cima del Monte Bianco, alta 4815 metri, come dicemmo per incidenza, ed in via di semplice esempio, nella seconda lezione di Logica. Il culmine della terra sul livello del mare, come ivi pure osservammo, è il vertice del monte Everest, nell' Himalaya, la cui altezza, per misure geodetiche, è stata stimata 8840 metri; se pur non se ne scopre un' altra anche più elevata. La cima del Cimborazo, una delle più alte delle Andes, benchè non esattamente la più alta, rispetto al mare, si erge sul livello dell' Oceano Pacifico 6530 metri. E, nondimeno, essa è il più alto punto della terra in un altro senso, valadire ch'ella è il punto della terra solida il più distante dal centro della Terra. Imperciocchè il Cimborazo è situato quasi sotto la linea equinoziale, e le cime dell' Himalaya sono circa trenta gradi lungi da essa. Ora il diametro dell' Equatore, come meglio vedremo nell' Astronomia, è 23 miglia italiane più lungo dell' asse terrestre da polo a polo: la magior prossimità del Cimborazo all' Equatore compensa a sovrabbondanza, per renderlo più lontano dal centro della terra, la maggior elevazione sul livello del mare di altre due cime delle Andes in America, e di parecchie cime dell' Himalaya in Asia. Potrebbe nascer dubbio se per avventura il centro della terra non disti meno dell' apice del Cimborazo in America, che da quello del Kilimangiari in Affrica, il quale è pur situato in prossimità dell' Equatore, e dalle cui pendici alcuni sospettano trarre le sue prime scaturigini, tanto cercate, il Nilo: ma l' altezza del Kilimangiari sul livello del mare, secondo le misure riferite nell' *Annuaire du Bureau des Longitudes*, sarebbe considerabilmente inferiore a quella del Cimborazo, cioè 6096 metri.

Qual è la ragione per cui l'Himalaya, essendo la più alta catena di montagne, rispetto al livello del mare, non dà origine ad alcun fiume eguale all' Amazzone od al Rio della Plata? La ragione, o ragioni, sono, che l'Himalaya volge alla maggior parte del continente Asiatico non la sua concavità, ma la sua convessità; che esso è più lontano dall' Equatore, e quindi dalla regione delle grandi pioggie, che non è quella parte delle Andes donde nascono l' Amazzone, la Plata, e l' Orenoco; ed in fine perchè la direzione media dei monsoni e venti alisei è press' a poco parallela alla catena dell' Himalaya, mentre essa è perpendicolare alla gran Cordigliera Americana.

LEZIONE DECIMANONA

Idraulica — *(parte terza)*

Le dottrine idrauliche, spiegate nelle due precedenti lezioni, sono quelle che maggiormente possono interessare il filosofo in generale, e quindi le più necessarie in un' introduzione allo studio dell' Universo. Amo tuttavia di aggiungere concisamente poche altre nozioni, le quali possono tornare di speciale utilità a quelli che han bisogno di servirsi dell' Idraulica come scienza pratica.

Una gocciola d' acqua, la quale si partisse dalla cima del Monte Viso, ove ha la sua più alta origine il Po, discendendo senza resistenze e con moto accelerato sino alla foce del fiume nell' Adriatico, acquisterebbe quella stessa velocità che ella avrebbe se liberamente cadesse in linea verticale da un' egual altezza, cioè da 3840 metri. La velocità cui acquisterebbe un grave alla fine di tal caduta sarebbe atta a fargli percorrere uni-

formemente 274 metri in un minuto secondo; e tuttavolta ogni goccia arriva al mare con una velocità minore di un metro in tempo di magra, e non maggiore di tre metri in tempo di massima piena.

Questa grande differenza fra la velocità dovuta all' altezza del piano inclinato pel quale ha luogo la discesa, e la velocità effettiva, dipende in parte dalla resistenza dell' aria, ma in più gran parte dalla resistenza cui trovano le onde nella scabrosità e nell' aderenza del letto e delle sponde del fiume. Questa resistenza è impropriamente chiamata attrito; ma ella è piuttosto una specie di adesione, dovuta alle cause generali della capillarità, ed è all' intutto una cosa differentissima dal vero attrito, proprio soltanto dei solidi che scorrono l'uno sull' altro. Imperciocchè il vero attrito è proporzionale alla pressione, ma indipendente o quasi indipendente dall' estensione delle superficie sfreganti, e dalla velocità; mentre il preteso attrito dei liquidi, per lo contrario, è indipendente dalla pressione, ma proporzionale all' estensione delle superficie, ed al quadrato della velocità.

Che la resistenza dovuta all' adesione del liquido per la superficie cui egli lambe scorrendo, sia proporzionale alla estensione della superficie lambita, è cosa la quale si comprende agevolmente *a priori*, ed è confermata dall' esperienza. Perciò s' intende che la resistenza cui il letto del fiume fa all' acceleramento delle sue onde, a cose altronde eguali sarà proporzionale al *perimetro bagnato*, cioè alla linea di confine fra l' acqua e la terra in una sezione trasversale del fiume; od insomma, a tutto il contorno della sezione meno la linea orizzontale di sopra, la quale è in contatto coll'aria.

Si concepisce però ancora che l' effetto sensibile di questa resistenza, a cose altronde eguali, dev' essere in ragione inversa dell' area della sezione stessa: impercioc-

chè l' effetto ritardatore del perimetro di sfregamento, o dirò meglio di adesione, va distribuito per tutto intero il volume dell' acqua, e questo volume, rimanendo eguali le altre cose, sarà proporzionale alla sezione.

Laonde, chiamato P il perimetro bagnato, S la sezione, ed r, o *raggio medio*, la frazione $\frac{S}{P}$, ossia il rapporto della sezione al perimetro bagnato, si scorge che l' effetto ritardatore sarà inversamente proporzionale al raggio medio.

Ma d' altra parte noi sappiamo che l' effetto ritardatore è proporzionale al quadrato della velocità, cui chiameremo u; e che la forza attiva, per superare questa forza ritardatrice, proviene dal peso assoluto proprio dell' acqua nell' unità di lunghezza; peso il quale agisce con tanto maggiore energia quanto maggiore è la pendenza, od inclinazione i della superficie dell' acqua, sull' unità di lunghezza del fiume. Da queste considerazioni fondamentali, e determinando opportunamente i coefficienti numerici per mezzo di molte esperienze ed osservazioni, trascurando dei termini che complicherebbero la formola senza corrispondente utilità pratica, si è arrivati alla seguente semplicissima e comoda equazione del moto permanente dei fluidi:

$$u = 52\sqrt{i\,r}.$$

La portata Q del fiume, ossia la quantità d' acqua che passa per la sua sezione S in un minuto secondo, è data dal prodotto della velocità media u per la sezione stessa S, ossia:

$$Q = u\,S.$$

Qneste due equazioni sono preziose per risolvere la maggior parte dei problemi pratici relativi alla condotta delle acque.

Prima della creazione o nuova inalveazione di un fiume, di un canale, o di uno scolo, bisogna considerare e determinare: 1.° la direttrice, ossia la projezione verticale del filone (il filo di mezzo dell'acqua, dov'ella ha la maggior velocità) sopra una superficie orizzontale; 2.° la pendenza; 3.° la forma della sezione; 4.° la grandezza di questa sezione.

La direttrice dovrebbe essere una linea retta, o per parlare più esattamente, l'intersezione di un circolo massimo colla superficie del terreno inclinato, quando altre considerazioni non vi si oppongano. Ma tali considerazioni in contrario si presenteranno di frequente, e sarem costretti non di rado ad abbandonare la traccia più breve, sia per evitare dei troppo grandi lavori di interro, e più spesso di sterro, sia per diminuire l'eccessiva cadente, la quale soverchia cadente, producendo un corrispondente eccesso di velocità, produrrebbe altresì delle forti corrosioni nelle sponde, la necessità di frequenti lavori di riparazione, o dei pericoli di inondazione.

Sino ad un certo punto si fa ostacolo alla forza corrosiva prodotta da soverchia velocità della corrente, per mezzo di varii lavori di protezione della ripa, intesi ad un tempo a diminuire la velocità dell'acqua, colla maggiore scabrosità della ripa, e ad aumentare la solidità della ripa stessa. Ma può avvenire che il costo di siffatti lavori di manutenzione e riparazione in pochi anni superi la spesa che si farebbe tutta in una volta, eseguendo una nuova inalveazione per una più lunga linea, onde diminuire la pericolosa velocità della corrente.

È ben raro in pratica che ciò si faccia. È più frequente il caso opposto, cioè quello della rettificazione di un corso tortuoso, onde aumentare la cadente relativa che era insufficiente, e che dava perciò luogo a degli interrimenti ed alzamenti del fondo. Quello però cui di rado

fa l'arte, cioè sostituire la curva alla retta nella direzione dei fiumi, lo fa bene frequentissimamente la Natura. Imperciocchè dove la velocità è eccessiva, il fiume mangia le ripe di qua e di là: ma siccome il terreno non è omogeneo, la corrente rapisce di più dalla parte ove è il terreno più dolce; ed ecco sùbito nascerne una curva, la quale può anche somministrar la forza di aumentare sè stessa, promuovendo l'interrimento della ripa opposta, e chiamando l'acqua ad investire non parallalelamente ma obliquamente la ripa corrosa; con che si creano dei movimenti vorticosi, e perciò la corrosione e distruzione progredisce, in fino a tanto che a furia di gomiti a destra e sinistra, la linea siasi così allungata, e la caduta così diminuita, da esservi approssimatamente un equilibrio fralle forze distruttive della corrente, e le forze resistenti e conservatrici del fondo e delle ripa.

Allora dicesi che *l' alveo è stabilito.* Ciò non deve intendersi però che come vero prossimamente. L' assoluto stabilirsi dei canali che corrono non entro sponde naturali di roccia, o sponde artificiali murate o metalliche, ma entro sponde naturali di terra, non può ottenersi giammai. Imperciocchè non solo variano le piene da un anno all' altro, ma tutte continuamente portano della torbida al mare, e protraggono il delta del fiume. Si allunga dunque la linea, e, rimanendo eguale la cadente assoluta, diminuisce la cadente relativa. Anzi diminuisce di continuo anche la cadente assoluta, perchè si abbassano le montagne, e si alza il livello del mare, a cagione di tutti i detriti della terra portati al mare dai fiumi.

Dati gli altri elementi, la pendenza del fiume dal monte al mare dovrebbe determinarsi in guisa che non vi fosse nè eccessiva velocità, nè troppo poca, e quindi nè corrosione nè interrimento. Ora è impossibile ottenere questo risultato nel modo ordinario con cui sono fatti i fiumi;

perchè se la piena mezzana non interrisce nè corrode, certo è che la piena grossa corroderà, e la piccola interrirà. Tutto ciò che di meglio può sperarsi, è che la pendenza, la forma dell'alveo, ed il rivestimento delle sue ripe, sieno talmente contemperati all'effetto medio, che lo scavare delle grosse piene corregga discretamente l'ostruzione portata dalle piccole, e viceversa. In generale però, pei fiumi, è minor male che la pendenza sia eccessiva, di quello che il contrario. Per gli scoli artificiali l'eccessiva pendenza è un male, perchè ad ottenerla bisogna tener alto il letto dello scolo nelle campagne lontane dal mare, e così esso non chiama abbastanza a sè le acque dei campi coltivati. Bisognerebbe tener segregate le acque torbide dei fiumi dalle acque chiare degli scoli, convogliando queste ultime riunite fra loro sino al mare, e facendone la sezione così profonda da chiamare energicamente le acque dei campi, ma di forma così giudiziosa, e con portata complessiva così ricca da produrre, non ostante la bassezza del letto, una sufficiente velocità.

Tuttavia ci sarebbe, teoricamente, il modo di rendere costante la velocità della corrente, anche variando grandemente la portata, e rimanendo prossimamente eguale la pendenza: questo consisterebbe nel dare alla sezione una tal forma che il raggio medio, ossia il rapporto dell'area della sezione al suo contorno bagnato, rimanesse costante, anche variando grandemente l'altezza dell'acqua sul fondo. Una tale condizione è soddisfatta da una curva rappresentata dall'equazione

$$\frac{\int y\,dx}{\int\sqrt{dx^2+dy^2}} = R\ ,$$

dove il numeratore del primo membro è l'espressione generale della *Quadratura* di una curva, il denomina-

tore è l'espresione generale della sua *Rettificazione*, ed R è una quantità costante. Moltiplicando l'equazione per questo denominatore, differenziando, e chiamando ds un archetto elementare della curva, si ottiene la proporzione

$$R : y :: dx : ds ,$$

la quale ci presta il modo di costruire per punti discontinui la curva, supponendola riferita ad un asse verticale di simmetria, e prendendo dx non infinitesimo, ma relativamente piccolo.

Si suppone che la sezione della parte inferiore dell'alveo sia un trapezio rettilineo, il più adatto alle piccole piene, e che R sia il raggio medio di questo trapezio. Costruendo la curva per approssimazione, mediante l'espediente grafico testè indicato, si scorge che essa ha due rami eguali che rivolgono simmetricamente la propria convessità uno all'altro, ed al filone. Praticamente questa curva sarebbe inconveniente per l'eccessiva ampiezza cui prenderebbe nella parte superiore. È meglio rassegnarsi ad avere nelle grosse piene una velocità alquanto eccessiva, col riflesso che le grandi piene durano poco, e che le ripe alte sono sempre rivestite per lo meno di erba che alquanto le consolida, e diminuisce la velocità dell'acqua; e meglio ancora sarà ove elleno siano rivestite di vimini, o di altre piante vive di basso fusto. Il fondo, dove egli è più esposto alla distruzione, dev'esser protetto con opere morte di palizzate, gabbionate, ed altri analoghi lavori.

Per accostarci in modo più comodo alla curva di costante raggio medio, si potrebbe divider l'alveo in tre parti: il fondo colle ripe o piarde aventi una base o scarpa di 3 per 2 di altezza, ossia dell'uno e mezzo per uno, e di una forma trapezia di grandezza e proporzione,

determinate medianti le nostre formole in guisa che le piene mezzane, arrivando sino al suo ciglio, abbiano una velocità media di cinque in sei decimetri al secondo; un' altra porzione dell' alveo, più alta, abbia le ripe più inclinate alla verticale, ossia con una scarpa maggiore, non però orizzontali come le ordinarie golene dei nostri fiumi: una terza ed ultima porzione più alta di tutte, colle ripe aventi una scarpa più grande ancora.

La grandezza delle sezioni, totale e parziali, si determina dividendo le rispettive *portate*, o numero dei metri cubici che traversano la sezione in un secondo, per la rispettiva velocità media che si vuol dare all' acqua.

La velocità superficiale delle acque correnti si esplora facilmente coi galleggianti. La velocità media si scopre per mezzo di speciali istrumenti idrometrici. Si determina in una maniera meno esatta, ma comodissima, prendendo i quattro quinti della velocità della superficie, nel filone, indicata dai galleggianti. La *portata* è eguale alla sezione moltiplicata per la velocità media. Per esempio se la velocità del filone fosse metri 0,5 per ogni minuto secondo, e quindi incirca $0.^m4$ la velocità media, e la sezione trasversale fosse 20 metri quadri, la portata sarebbe $0.4 \times 20 = 8$ metri cubici: cioè passerebbero per quella sezione otto metri cubici d' acqua ogni minuto secondo.

Aggiugnerò qui per incidenza che per trovare la forza motrice di una corrente, bisogna moltiplicare la *portata* pel *salto*. Per esempio un molino od opificio ha a tutta sua disposizione un canale dell' anzidetta portata di otto metri cubici, poco inferiore alla portata media del canale di Bologna, ed un salto di due metri e quattro decimetri, dal *pelo superiore* al pelo d' acqua inferiore. Otto metri cubici d' acqua pesano ottomila chilogrammi. Si ha dunque una forza bruta di $8000 \times 2.4 = 19200$

chilogrammetri al secondo. Per ridurla a cavalli vapore divido per 75, ed ho una forza assoluta di 256 cavalli. Supposte le macchine idrauliche della maggior perfezione, cosicchè mi diano un effetto utile del 75 per 100, avrei l'imponente forza effettiva di 192 cavalli vapore. È un comodo calcolo: dieci cavalli per ogni metro cubo di portata, con un metro lineare di salto.

Torniamo alla sistemazione delle acque correnti. La portata di due o più corsi d' acqua riuniti sarà la somma delle loro portate separate. È utile, come già dissi, il tener disgiunte le acque chiare dalle torbide, cioè le acque degli scoli delle pianure dalle acque dei torrenti e fiumi, a cagione del capriccioso o troppo variabile regime di queste ultime, le quali per lo più si alzano tanto nelle piene, da non ricevere più le acque degli scoli delle campagne, con grave detrimento dell' Agricoltura. Meglio è perciò il convogliare separatamente gli scoli della pianura al mare: ma è utile il far confluire insieme, per quanto si può, gli scoli, non solo perchè il mantenimento di un solo scolo grande costa meno del mantenimento dei molti piccoli che ne farebbero le veci, ma principalmente per questa ragione, che, supposte eguali le velocità, e simili le sezioni, il raggio medio della sezione riunita sarà maggiore di ciascuno dei raggi medii cui avrebbero gli scoli separati; ed il maggior raggio medio esige minor pendenza; ora la minor pendenza permette di tener più basso il fondo e la superficie dello scolo grande; imperciocchè ad eguale velocità la pendenza è in ragione inversa del raggio medio.

Per aver dunque una sufficiente velocità, cioè tale da prevenire le ostruzioni del fondo, colla minor pendenza possibile, fa d'uopo aumentare il raggio medio. Fra tutte le figure *isoaree*, cioè di egual area, quella che dà il minor perimetro bagnato, e quindi il maggior

raggio medio, è il semicircolo. (1) Fra tutti i rettangoli isoarei, quello che dà il maggior raggio medio, è il mezzo quadrato. Anche il mezzo quadrato ottenuto con una diagonale, ossia il triangolo rettangolo isoscele, dà il massimo raggio medio fra tutti i triangoli di egual area. Ma nessuna delle tre figure testè menzionate è adatta a formare la sezione di un fiume o canale scavato nella terra ordinaria. Si preferisce ragionevolmente una forma trapezia, di cui il lato infimo è orizzontale, e gli altri due lati contigui hanno un'inclinazione non minore dell'*angolo di riposo* proprio della terra di cui sono formate le sponde, cioè tale che la terra, anche sbricciolata, e senza coesione, non frani. Per ottener ciò in un qualunque lavoro di terra, la tangente trigonometrica dell'angolo cui fa la scarpa dell'argine, o ripa, coll'orizzonte, dev'esser eguale al coefficiente dell'attrito. L'inclinazione corrispondente ad uno e mezzo di base per uno di altezza, è la più adatta alla qualità media di terre, ed è spessissimo usata.

Chiamo trapezio *idrotipico,* cioè tale che può servir di tipo nei tagli di canali e di fiumi, come uno dei più comodi a calcolarsi e che si accosta alle migliori condizioni pratiche, quel trapezio che ha i due lati obliqui eguali fra loro ed alla base, e coll'inclinazione dell'uno e mezzo per uno. L'area del trapezio idrotipico è prossima-

---

(1) Fra le figure *isoperimetre*, cioè di egual contorno assoluto quella che racchiude la più grande area è il circolo interno; onde viene per converso che fralle figure *isoaree* il circolo ha il minor perimetro *assoluto*. Il minor *perimetro bagnato* però spetta al mezzo circolo di egual area, perchè il diametro, che fa parte del di lui contorno assoluto, confina coll'aria, e perciò non forma parte del perimetro bagnato.

mente eguale al quadrato della base; più esattamente

$$A = \frac{13.2b^2}{13} \quad ;$$

il raggio medio è prossimamente un terzo della base stessa. L'inesattezza dell'uno e dell'altro di questi risultati così facili a ricordarsi, non è che una settantesima sesta parte del vero; errore insignificante in siffatto genere di ricerche.

Il raggio medio del trapezio idrotipico si allontana poco da quello delle figure isoaree le più vantaggiose. Credo abbastanza istruttivo ed interessante il seguente specchietto, ove ho paragonato il valore del raggio medio di diverse figure di egual area, supponendo 100 il valore del raggio medio del semicircolo.

Figure isoaree	*Raggio medio*
Semicircolo	100
Semiesagono regolare.	95
Semiquadrato, quadrilatero.	88.62
Semiquadrato triangolo.	88.62
Trapezio idrotipico	85
Circolo intero	71
Trapezio la cui altezza $= \frac{1}{20}$ larghezza	54
Trapezio la cui altezza $= \frac{1}{40}$ larghezza	39.

Scorgesi, fralle altre cose, da questo quadro, che per avere egual portata, ed egual velocità, quindi ancora egual sezione, con uno scolo la cui sezione trapezia avesse la larghezza da sponda a sponda, a fior d'acqua, 40 volte più grande della profondità, e con uno scolo la cui sezione abbia la forma del trapezio idrotipico, basta che la pendenza di questo stia alla pendenza di quello, in ragion inversa dei raggi medii, cioè come 39:85, od incirca come 5:11. Val dire che se lo scolo mal

fatto ha per esempio la sua superficie ad 11 metri sopra il livello del mare voi potreste mettere la superficie dello scolo ben fatto sei metri più giù, e così asciugare energicamente una grande estensione di terreno, la quale non sarà asciugata affatto, o lo sarà imperfettamente, da uno scolo tagliato senza cognizione della teoria del moto permanente dei fluidi.

Di qui si fa agevole ancora lo scorgere, che invece di lamentarci che la natura non abbia dato sufficiente scolo alle campagne di una gran parte delle nostre pianure Italiane, sarebbe più giusto il lagnarci dei nostri ingegneri i quali non hanno studiato come dovevano, o dei professori che non hanno impartito ad essi l' istruzione la più necessaria all' esercizio della loro utilissima professione.

L' Italia, uno dei terreni più favoriti dal cielo, non produce abbastanza per nutrire tutti i suoi abitanti, benchè, se la coltivazione fosse migliore, gli abitanti potrebbero essere in numero doppio di quello che sono. Il perfezionamento della nostra agricoltura dipende in gran parte dall' applicare i più elementari principii agronomici intorno alle rotazioni, o avvicendamenti di svariate colture, in luogo di lasciar oziare la terra a maggese; dal ben distribuire e non lasciar disperdere gl' ingrassi naturali; dallo accrescerne la quantità allevando una maggior quantità di bestiame e procurandosi così anche un immediato aumento di alimenti azotati, i più preziosi di tutti; praticando sopra una larga ma giudiziosa scala gli emendamenti, cioè trasportando sul podere un bastevole supplemento di quelli frai tre necessari elementi del suolo coltivabile, argilla, sabbia, e calce, di cui il podere manca o scarseggia; dipende più ancora dal curare, molto più che non si fa, l' istruzione ed il benessere fisico e morale dei coloni; ma dipende altresì in grandissima parte da un più savio regime delle acque.

Dappertutto, ed in particolare in Italia, si lasciano peccare le acque per eccesso e per difetto. Si lasciano peccare per eccesso nelle basse pianure, non dando loro uno scolo sufficiente. La natura se ne vendica, con impedire o scemare la produzione agraria, e diffondendo le febbri periodiche. Il rimedio sta nelle *colmate* di piano, e nell'aprire nuovi scoli, secondo le regole testè spiegate. Si lasciano peccare le acque per eccesso in montagna, perchè trascinano giù precipitosamente il prezioso humus vegetale che le rivestiva, e si lascia andare questo humus a colmare i letti dei fiumi in pianura, e cagionarvi delle disastrose rotte. Il rimedio sta nel rinselvare i monti, e ridurre i fianchi dei colli a gradinate, con che diventano eguali o migliori delle pianure. Consiste pure nello estendere il sistema delle *colmate di monte*, inventate ed introdotte nei fondi del celebre agronomo Ridolfi dal benemerito di lui fattore Testaferrata. Le colmate ordinarie consistono nell'alzare colle torbide dei fiumi, regolatamente introdotte ed estese, i bassi fondi delle pianure. Le colmate di monte consistono nel regolare cosiffattamente le acque piovane con piccoli arginelli serpeggianti sui fianchi dei monti, da corroderne i più alti dorsi, rispettare le mediocri pendenze, e portare le corrosioni delle parti troppo alte a rialzare le parti troppo basse. Considerando che la maggior parte del territorio Italiano è montuoso, ben di leggieri si comprende quanto grandi vantaggi possa arrecarci l'unione del sistema delle gradinate con quello delle colmate di monte.

Si lasciano poi peccar le acque per difetto, non valendoci del loro soperchio per rimediare ai mali della loro scarsezza. L'irrigazione saviamente usata giova dappertutto, ma principalmente in un paese caldo come il nostro. Facile è l'irrigazione nel'alta Italia, per l'ali-

mento perenne prestatole dalle nevi Alpine. Nell' Italia media e meridionale, bisogna formare dei laghi artificiali introducendo le piene dei torrenti che vengono dall' Appenino, entro vasti bacini, a doppia arginatura per maggior sicurezza. A suo tempo, per appositi canali si condurrà quell' acqua ad innaffiare le pianure.

Questi bacini possono somministrare anche della forza motrice. Maggior quantità di forza motrice economica, specialmente per prosciugare le paludi che contornano i nostri mari, si può ricavare dal mediocre flusso e riflusso dei mari stessi, specialmente dell' Adriatico. La forza motrice cavata dalle marèe, dal vento, dai laghi motori, dai torrenti e dai fiumi, si può trasportare a luoghi più comodi, distanti al più un chilometro, colle funi telodinamiche dell' Hirn, e a distanze di gran lunga maggiori, con un mezzo divisato da me, e cui spero di potere un qualche giorno mandare ad effetto.

Nel nostro secolo si è già fatto molto per migliorare le condizioni materiali delle moltitudini, ma siam ben lungi dall' aver fatto o dal fare tutto ciò che si dovrebbe. Ostano la scarsità dei capitali, e la scarsità ancor maggiore del nostro patriotismo. Lasciatemi accarezzare la consolante utopia di sperare che i nostri discendenti saranno ad un tempo più ricchi, più istruiti, e più virtuosi di noi. Io spero ancora che rinascerà il nobile amore della posterità, come l' ebbero i nostri padri. Fa di mestieri che si torni a considerare quale opera santa il piantar gli alberi che daranno ombra o frutti alla futura generazione; il faticare pei figli de' nostri figli, come i padri dei nostri padri sudarono e soffersero per noi. Allora non si impediranno più la maggior parte delle utilissime imprese, collo esigere, come ora si fa in Italia, il frutto usurario dell'otto o del dieci per cento a perpetuità, pei capitali anticipati: non si commetterà più il delitto che quotidianamente si commette

dall'egoistica generazione attuale, senza nemmen pensare che sia un delitto, di pretendere di far pagare ai nostri posteri durante un secolo, in soli frutti all'otto o dieci per cento, una somma otto o dieci volte maggiore di quella cui abbiamo noi presa a prestanza, onde erigere delle opere le quali, molte volte, servono ai nostri momentanei capricci, più che al vero bene nostro, o di quelli che discenderanno da noi.

LEZIONE VENTESIMA

Idraulica — *(Parte Quarta)*

L'Argomento speciale della presente lezione è lungi dall'essere necessario in una Introduzione generale allo studio dell'Universo; non sarà, per altro, inutile. Imperciocchè le più fondamentali nozioni della Meccanica e dell'Idraulica erano senza dubbio necessarie all'alto nostro intento: ora alla perfetta comprensione dei principii generali di una scienza, giova sempre il farne qualche speciale e determinata applicazione.

Io ho poi anche un motivo personale per dedicare alcune pagine a questo speciale soggetto, perchè nella mia prima gioventù incominciai la pubblicazione di un'opera intitolata *Notizie di Fisica esposte da Quirico Filopanti in servigio agl'Italiani amanti di facile istruzione, e per introduzione alle sue idee di Architettura idraulica.* Compito il primo dei due volumi che avrebbero dovuto formar l'opera intera, questa rimase interrotta dalle vicende politiche degli anni 1848, 1849, e dal mio

susseguente esilio decennale. La presente mia opera sullo Universo, ed in particolare questa Introduzione, mentre serviranno ad uno scopo più vasto e più elevato, varranno incidentalmente, anche per mezzo dell' aggiunta di questa lezione, a portare un tardivo, ma, ne ho fiducia, non infruttuoso compimento al programma di quell'interrotto lavoro.

In origine tutti i torrenti e fiumi scorrevano liberamente dal monte al piano e dal piano al mare, per la linea di massima depressione del terreno da essi rispettivamente traversato; insino a che, essendosi alzata quella linea nelle pianure per le materie rapite dall' acqua ai monti, ed avendo essa linea cessato, per tal cagione, di essere la più depressa, il fiume spontaneamente l'abbandonava, ed aprivasi un nuovo cammino per qualche altra linea divenuta relativamente più bassa della prima. I terreni più vicini ai fiumi sogliono essere naturalmente i più comodi a coltivarsi, ed i più fertili. Avveniva troppo di frequente che il fiume invadesse i terreni coltivati, non solo quando egli mutava letto, ma ancora continuando a correre per esso, ogni volta che, tra per l' alzamento progressivo del letto medesimo, e pel soverchio volume delle acque da esso portate nelle escrescenze straordinarie, queste acque si innalzavano al di sopra del livello delle contigue campagne.

Perciò, sino da tempi anteriori alla storia autentica, gli Egiziani appresero a fiancheggiare con argini di terra il Nilo, gli Assirii l' Eufrate ed il Tigri, gli Etruschi l'Arno ed il Po, come ne fanno credibile testimonianza varii scrittori antichi; ed avvi persino memoria che i Romani fossero i primi ad arginare il Tamigi in Inghilterra. È poi ragionevole cosa il supporre che molti altri fiumi saranno stati pure muniti di argini nei primi tempi, benchè di un tal fatto non rimanga alcuna traccia mate-

riale o scritta. In Italia gli argini del Po e de' suoi affluenti furono trascurati, e quindi rotti dalle acque, nei quattro secoli del dominio Gallico succeduto all' Etrusco nell' Italia settentrionale. Rialzati sotto i Romani, furono di nuovo negletti, e quindi di nuovo resi inutili, nella lunghissima ecclissi della civiltà Romana, dopo le irruzioni settentrionali. Il Po, l' Adige, ed i loro influenti o vicini maritavano le loro acque sopra le inondate pianure, e le trasformavano in vaste paludi. Al risorgere della civiltà Italiana, principalmente per opera delle piccole repubbliche delle città Lombarde, Venete, e Toscane nel duodecimo secolo dell' era moderna, furono rialzati gli argini, e creata ben anche una magnifica rete di canali di navigazione, di irrigazione, e di scolo.

Gli argini, o ripe artificiali, hanno un' importanza non solo idraulica, agronomica, ed industriale, ma ancora igienica; perciò meritano di essere conservati dove esistono, ed eretti dove non esistono. Hanno un' importanza idraulica, perchè sostituiscono il regime dell' arte e della scienza, le quali giudiziosamente secondano e raddrizzano la natura, al cieco capriccio del caso: hanno un' importanza agronomica, perchè salvano le terre già coltivate, e permettono di introdurre la coltivazione anche in quelle che erano incolte; ne hanno una industriale, perchè favoriscono l' uso delle acque dei fiumi per la navigazione e per la forza motrice; infine hanno un' importanza igienica, perchè il fiume arginato mantiene sempre le sue acque in moto, mentre il fiume disarginato, co' suoi irregolari disalveamenti, si crea, di qua e di là, due pestiferi orli di acque stagnanti.

L' unico, od almeno il più serio inconveniente degli argini sembra essere questo, che il fiume di tempo in tempo li soverchia o li rompe, producendo, in conseguenza, delle terribili inondazioni. L' inondazione è un

male al certo; ma non ne ha colpa l'argine: la colpa è di chi ha trascurato di mantenerlo o di difenderlo. Forsechè il terreno inondato sarebbe rimasto all'asciutto se mancava l'argine? No: quel terreno stesso che soggiace alle alluvioni appena una volta in dieci o venti anni per rottura degli argini, sarebbe inondato tutti gli anni, o fors' anche di continuo, se essi non esistessero.

Gli straripamenti dei fiumi, però, avvengono in modo diverso, ed hanno diversi effetti, secondo che essi sono incassati, ovvero sostenuti lateralmente da argini. Nel primo caso il fiume, nelle sue massime escrescenze, si espande al di là dei suoi limiti ordinarii, e può anche arrecar gravi danni temporanei, uccidendo uomini ed animali, atterrando le case, distruggendo le biade, o seminando i campi di sterile arena. Nondimeno, appena venga a calare alquanto la furiosa piena, il fiume rientra nel suo letto, cioè fa ritorno a quei limiti ove nessuno suole arrischiarsi di coltivare nè di fabbricare. Ma diversamente va la bisogna, quando il fiume è stretto fra argini.

In tal caso non può avvenire lo straripamento se non se *per* o *con* rottura dell'argine. La rottura dell'argine, o *rotta*, come dicesi più brevemente, succede in tre modi: 1° per sormonto o tracimazione; 2° per cunicoli; 3° per islatto o scoscendimento, cagionato dalla *corrosione*, o rapina cui esercita l'acqua che corre con troppa violenza a danno del *petto*, o superficie interna dell'argine. Quest'ultimo caso è meno frequente degli altri due, perchè l'argine, solitamente di sezione trapezia, ha sempre maggior sovrabbondanza di dimensioni orizzontali che verticali; di maniera che depauperato l'argine anche sino al ciglio esterno, e ridotto perciò ad una cresta triangolare, purchè le due scarpe non abbiano inclinazione maggiore dell'angolo di riposo, il Bordoni ha dimostrato rigorosamente che l'equilibrio è assicurato,

anche contro alle pressioni dell'acqua che si innalzi sino al superstite ciglio dell' argine.

Meno raro è il caso della rotta per sormonto o tracimazione. Nella costruzione degli argini si ha cura, che anche avvenuto il naturale assettamento o calo del terreno smosso, il quale assettamento suol essere di un settimo dell'altezza, pur rimanga una sovrabbondanza di altezza, chiamata *franco,* di mezzo metro almeno sopra la presunta altezza delle massime piene. Ma siccome la grandezza assoluta delle massime piene de' nostri fiumi è in progresso, a cagione dello sconsigliato diboscamento dei monti più alti, ed è in progresso pure l'altezza relativa delle piene, grazie all'alzamento del letto, la pretesa altezza massima è trapassata, di una quantità maggiore del *franco;* laonde l' acqua comincia a superare la sommità dell'argine, ed a cadere al di fuori. Se vi si attende in tempo, è per lo più facile il provvedervi, alzando, colle vanghe o coi badili, degli arginelli sussidiarii che si chiamano *soprassuoli*, mediante la terra dell' argine principale. Talvolta, per maggior lestezza, vi si adopera l' aratro, tirato dai buoi. Guai però se il provvedimento non è abbastanza sollecito od efficace: l' acqua che trabocca al di fuori, corrode rapidamente il dorso dell'argine, e lo assottiglia sino al punto che la pressione interna in breve lo spacca, e rovescia, per un lungo tratto.

Più frequente ancora è il caso di rotta per *cunicoli;* i quali dai nostri operai si sogliono chiamare *topinare*, parola della stessa origine e significato che il francese *taupinières,* perchè si suppone che sieno fori fatti dalle talpe o dai topi. È un errore; attesochè le talpe scavano i loro piccoli sentieri sotterranei parallelamente alla superficie del suolo, onde pascersi delle radici delle erbe, e non traforerebbero da parte a parte degli argini grossi più

di dieci o dodici metri, alla profondità di varii metri al di sotto della sommità. Più assurda è ancora la supposizione che sieno tane di volpi. Questo astuto animale non farebbe la sua tana in luoghi ben frequentati, al punto che generalmente servono anche di strada, come gli argini della maggior parte dei nostri fiumi. È meno assurda, ma egualmente contraria al fatto, l'ipotesi che i cunicoli donde nascono le rotte provengano da radici marcite di vecchi alberi: perchè tali cunicoli si manifestano per lo più in argini nuovi, presso i quali non vi sono alberi nè giovani nè vecchi. A parer mio i cunicoli che danno origine alle rotte, provengono da difetto di omogeneità nella primitiva costruzione dell'argine, specialmente nei luoghi di *impiccagliatura*, o di unione del nuovo col vecchio lavoro di terra, e dalla conseguente disuguaglianza di assettamento, tanto per la pressione verticale, proveniente dal peso proprio della terra, quanto per la pressione laterale, proveniente dalla enorme, ma diseguale spinta dell'acqua in tempo di piena. Se l'argine è alto 10 metri, con una scarpa di 15 metri dall'una e dall'altra parte, e l'acqua arriva sino alla sommità, quest'acqua esercita una pressione di soli 278 chilogrammi contro ogni metro quadro del petto dell'argine presso al ciglio; ma di 9722 chilogrammi, ossia una pressione 35 volte più forte della precedente, contro un metro quadro, al piede dell'argine stesso.

Questa ineguaglianza di pressione, e la mancanza di omogeneo costipamento nella costruzione originale dell'argine, possono dar luogo a delle invisibili spaccature interne, attraverso ad alcuna delle quali penetra l'acqua del fiume, e qualche volta arriva sino al dorso, o superficie esterna dell'argine. Il mezzo più solito di provvedervi consiste nello applicarvi, dalla parte del fiume, delle balle di canepa, dei paglericci, o dei materassi: meglio ancora delle stuoie. Io proposi, e l'esperienza ha mostrato la

ragionevolezza ed efficacia del rimedio da me suggerito, di turare la bocca del cunicolo dalla parte interna del fiume, con una vela, o lenzuolo disteso. Bisogna maneggiarlo destramente, coll' aiuto di pertiche o funi legate ai quattro angoli del lenzuolo, e muover questo rasente al petto dell' argine, insino a tanto che si sente che il tessuto aderisce con forza all' argine stesso: quello è segno ch' esso è giunto davanti alla pericolosa bocca: l' acqua, colla sua propria pressione, assetta la tela alle labbra del pertugio, e si chiude l' uscita da sè.

Col medesimo mezzo, adoperato più in grande, si possono prevenire gli slatti, o scoscendimenti: l' acqua strisciando sopra la tela è impedita dal corrodere e distruggere l' argine che le sta di dietro.

Ma se il cunicolo non si tura in un modo qualunque, e con grande sollecitudine, l' acqua che lo percorre prende il sopravvento; corrodendone il contorno essa lo allarga di più, e più allargandolo prende maggior velocità, perchè rimanendo eguale il carico, o dislivello, cresce il rapporto della sezione al perimetro bagnato, ossia cresce il raggio medio, e con esso la velocità, e per questa cresciuta velocità cresce con tanto più spaventosa rapidità la corrosione e l' allargamento; cosicchè il picciolo cunicolo diviene un torrente, e l' argine è interamente squarciato. In poche ore la *rotta* si estende per lo più ad una lunghezza eguale incirca alla larghezza del fiume; per esempio 240 metri nel picciol Reno, 500 nel Po.

Tali sono i modi coi quali sogliono generarsi le rotte nei fiumi arginati. Gli effetti poi si comprendono facilmente. Vaste zone di terreni rimangono inevitabilmente allagate; l' acqua del fiume segue a versarsi in gran parte per la bocca della rotta, non solo durante il colmo della piena, ma ancora a mezza piena, e spesso anche a piccola piena, allorquando il letto del fiume è poco

inferiore al piano di campagna. Che se il letto è superiore al piano di campagna, qual è il caso dell'Adige e del picciol Reno per non brevi tratti del loro corso, la bocca continua a versare le acque del fiume sulla campagna, se non vi si provvede, anche in tempo di estrema magra; ed è avvenuto più di una volta, nel Reno Bolognese e Ferrarese, che il letto del fiume al di sotto della rotta è rimasto perfettamente in secco.

Il vecchio metodo, sciaguratamente seguito ancora dalla maggior parte dei nostri ingegneri Italiani per chiudere cosiffatte rotte, è quello descritto dallo Zendrini, e dietro esso dal Cocconcelli, e dal Cavalieri San Bartolo, e cui io chiamo perciò metodo Zendriniano. Piantano tre o quattro fila di pali, grossi da tre a quattro decimetri, lunghi otto o dieci metri, fitti al punto di lasciare fra l'uno e l'altro degli intervalli minori dei loro diametri: indi altri pali più piccoli; poi versano davanti, di dietro, in mezzo, e sopra a questa selva selvaggia di pali una caterva di grossolani materiali, chiamati cogli egualmente grossolani nomi di gabbioni, buzzoni, burghe, volpastri, volpastroni, fasci, fascine, fascinoni, sacchi pieni di mattoni, o di terra: poi si aggiunge dell'altra terra, condotta dall'una e dall'altra parte colle carriuole, e si finisce col *dare la stretta:* cioè a dire quando han ridotto la bocca a quindici o venti metri di larghezza, attraverso dei quali l'acqua del fiume corre fuori con moltiplicato impeto, cercano di opprimerla con centinaia e centinaia di carriolate di terra, buttate in acqua da ambe le parti dagli uomini con maggiore lestezza di quella con cui l'acqua la porta via: per tal modo finisce l'uscita dell'acqua coll'essere interrotta del tutto (*). Questo

(*) Così nella rotta la quale si aperse nell'argine sinistro del Reno presso al Poggio Renatico nel settembre

rozzo e tumultuario lavoro, diventa poi la base ed il nucleo del futuro argine, nel quale si cerca di compensare colle dimensioni maggiori, il difetto di omogeneità.

Il metodo da me proposto per la chiusura o *presa delle rotte*, è radicalmente diverso, ed è basato sopra le proprietà meccaniche ed idrauliche della tela. Io ne feci già delle pubbliche esperienze, coronate di pieno successo, in due diversi luoghi del canale di Bologna. Ne pubblicai per le stampe una descrizione; la riassunsero, con onorevole lode del mio sistema, l' Ingegner Giordani nel suo utile manuale intitolato *Ricordi dell' Ingegnere*, il Berti-Pichat nella grande ed esimia sua opera di Agricoltura; se ne sono fatte diverse applicazioni pratiche sopra picciola o mediocre scala, e specialmente negli scoli del Bolognese, per metterli all' asciutto durante lo espurgo del fondo; come altre più numerose applicazioni idrauliche della tela si praticano da lungo tempo negli scoli di Lombardia, benchè in modo diverso dal mio, ed ignorate completamente da me nel 1843, quando in-

---

del 1842, lo squarcio dell' argine si estendeva in una lunghezza di 240 metri: furono piantati, in tre fila, 838 pali principali, lunghi da 10 metri, grossi in testa da quattro decimetri, o più; collegati da filagne o legni orizzontali per un'estensione lineare di 2005 metri, e da 1227 chilogrammi di caviglie di ferro; vi si aggiunsero 8347 buzzoni ripieni di terra e mattoni, 5881 con riempimento di sola terra; 8623 pali minori per conficcare i gabbioni e buzzoni; 4602 fascine sciolte; 1806 metri lineari di fascinata; 3349 metri quadrati di mantellatura; 40 carra di strame; 4707 sacchi ripieni di terra, di mattoni, o di sassi. Tutti questi lavori, occorsero soltanto per la chiusura provvisoria, ossia per dare la stretta, con una quantità d'acqua, dentro al fiume, meno del mediocre.

trapresi le mie prime esperienze nel canale di Bologna; tanto sono, e più erano allora, ignote alla maggior parte degl' Italiani le cose Italiane! Si fecero ben anche due importanti applicazioni in grande degli usi idraulici della tela, da me suggeriti colle esperienze pubbliche, e con articoli di giornale, una dall' ingegnere Zotti per prevenire una rotta del Po alla chiavica Pilastrese presso la Stellata, un' altra dello stesso Zotti nel fiume Panaro, per difenderne una sponda dalla corrosione e dagli slatti: ma non era stata ancora tentata l' applicazione della tela per una presa regolare di rotte, sino a che venne fatta con pieno successo dal medesimo Zotti, ora promosso all' onorevole grado di Ingegnere capo, per chiudere la rotta che si aperse nell' argine sinistro del fiume Secchia il 21 di Ottobre 1869 a Rovereto, nel comune di Novi di Modena (*).

Io affermai sino da que' miei primi giovanili esperimenti, che il metodo di prender le rotte colla tela è utilmente applicabile a tutti i fiumi grandi o piccoli; lo affermo di nuovo con intero convincimento. Uno dei fiumi, in tutto il mondo, le cui rotte sono le più difficili a chiudersi, è il Reno d' Italia; e per esso appunto io escogitai e proposi dapprincipio il nuovo metodo: ma questo è egualmente applicabile al più umile torrentello di Romagna; in qualunqne punto della parte arginata del suo corso, e, proporzionatamente, con maggiore facilità al Po, al gran Reno di Germania, al possente Mississipì, che così spesso desola la gran città della Nuova Orléans, colla rottura della sua diga sinistra. Ripeto che è più difficile il prendere una rotta del picciol Reno, che una del Reno grande,

(*) Vedi la descrizione del lavoro fatto dall' Ing. Zotti, Giornale del Genio Civile, Giugno 1871,

del Po, o del Missisipì, perchè la difficoltà di chiudere una rotta non dipende dalla di lei lunghezza, ma dal dislivello: ora i letti di quei magni fiumi sono più bassi delle campagne adiacenti, e non più alti, come è in molti luoghi il letto del picciol Reno; e le massime piene di quegli stessi grandi fiumi non si elevano mai a tanta altezza sul piano della campagna, come quelle del Reno Italiano.

Imaginiamo dunque un caso pratico di dover chiudere colla tela una rotta del nostro Reno. Questa tela che deve sostener l'acqua, ha bisogno di essere sostenuta essa medesima. La sosterrò con dei pali. Ma come è possibile il piantar pali in mezzo a quella turbinosa corrente? Tale era la domanda che mi facevano quasi tutti, quando io dapprima proposi il nuovo metodo.

Si piantano colle macchine palificatorie, le più comuni delle quali si chiamano *berte*, o battipali. Nel nuovo metodo si impiega un numero di pali ben minore che nell'antico. Come e dove gli altri piantano per esempio ottocento pali, è ben chiaro che sarà facile a me il piantarne dugento.

Io do, per brevità, il nome di *paltelata*, all'insieme di pali e tela di cui si compone il riparo provvisorio contro l'acqua. Non conviene lo stabilirlo nel luogo ove fu il piede esterno dell'antico argine, perchè ivi esiste sempre un gorgo profondo, scavato dall'acqua che precipitava dall'argine, prima che egli fosse interamente distrutto. Meglio è stabilirla in una curva all'interno del fiume; e meglio ancora in una curva all'esterno, in campagna, colla concavità rivolta al fiume; primieramente perchè ivi è un terreno più solido e più regolare, ed in secondo luogo perchè all'occorrenza di nuove piene, prima che sia terminato il lavoro di riparazione, non si restringe l'alveo, ciò che tenderebbe a scalzare la paltelata, ove questa s'innalzasse dalla parte di dentro.

Appena radunato un numero qualunque di lavoranti, si accingano eglino all'opera di restringere la bocca della rotta nel solito modo, portando terra di qua e di là, colle carriuole, colle biroccie o colle barche, secondo le distanze e le posizioni del luogo donde si deve prendere la terra.

Contemporaneamente vogliono essere preparati i lavori della paltelata. Si radunino pali e berte, in numero piuttosto maggiore del bisogno che minore: berte o macchine palificatorie a vapore, se ve ne sono; almeno berte-capre a scatto; alla peggio berte comuni, di quelle ove dodici o più uomini tirando giù lestamente altrettante funi che metton capo ad una sola, scorrevole sopra una carrucola in alto, alzano una pesante massa parallelepipeda di rovere, poi la lasciano ricadere pel proprio peso sulla testa del palo da conficcarsi. Sotto la percossa, il palo si immerge ad ogni colpo diversi centimetri, insino a tanto che sia giunto colla punta ad uno strato di tale durezza, che il palo non si immerge più che di uno o pochi millimetri per ogni colpo, ciò che dicesi piantar i pali *sino a rifiuto.* Nel nostro caso però non vi sarà bisogno generalmente di arrivare sino al rifiuto. Indicherò fra poco le regole per conoscere il necessario affondamento da darsi ai pali nei varii casi speciali.

I teli cuciti insieme per comporre la vela, o più vele, da addossare ai pali, debbono esser posti in opera in guisa che la trama, ossia i fili trasversali restino verticali, ed i fili longitudinali, ossia l'ordito, riescano paralleli all'orizzonte; ed hanno i teli ad esser cuciti insieme in tal numero da coprire la palafitta, o serie di pali, dal fondo sino alla testa dei pali; con di più un certo sopravvanzo al fondo, di un metro o poco meno, il quale stenderassi, come meglio potrà, orizzontalmente ai

piedi dei pali, per impedire che l'acqua esca per di sotto. Un altro sopravvanzo longitudinale ci vuole, di circa un metro a destra e sinistra, perchè la telata si possa addossare alle testate dell' argine superstite, o dell' argine nuovo e parziale, che si è venuto costruendo per restringere la bocca prima della chiusura provvisoria colla tela. Ci vuole poi un sopravvanzo longitudinale molto maggiore ancora per le curve circolari cui farà la tela sopra ciascun palo, e negl' intervalli fra palo e palo.

La ragione per cui la tela premuta dall'acqua forma queste curve circolari da palo e palo si è questa: che la pressione dei fluidi è dappertutto normale alla superficie premuta. Ora un filo flessibile, sottoposto a forze normali, si dispone in una curva di cui il raggio di curvatura è in ragion inversa della forza normale; e poichè questa, in una medesima linea orizzontale, è costante, ne segue che nei fili trasversali ed orizzontali sarà pure costante il raggio di curvatura: proprietà la quale, fra tutte le curve, non appartiene che al circolo. Ciò è tanto vero anche in pratica, che negli esperimenti ed applicazioni pratiche da me fatte del nuovo metòdo, quando l'acqua premeva la tela da una parte sola, e dall' altra ella era tutta scolata, i pali verticali, e le pancie cui l'umida tela faceva in mezzo a loro, visti dalla parte ove non era più l' acqua, rappresentavano all' imaginazione un grande organo da chiesa, a canne gigantesche e di eguale altezza.

La tensione dei singoli fili orizzontali sarà in ragion composta del raggio del circolo e della pressione dell' acqua: conseguentemente non è possibile tener la tela addossata ai pali così tesa che essa formi un piano; perchè il raggio di curvatura della linea retta è infinito, e quindi infinita pure sarebbe la tensione, e niuna estrema

robustezza di tela vi reggerebbe: conviene che i fili orizzontali sieno sempre disposti in un arco di circolo tra palo e palo. La tensione sarà tanto minore quanto minore sarà il raggio di tale arco. La tensione cui soffre una striscia orizzontale di tela, fra palo e palo, e che tende a romperla, è eguale al peso di un parallelepipedo di acqua, di cui un lato fosse eguale alla larghezza di quella striscia, un altro lato fosse eguale alla profondità del centro della striscia sotto alla superficie superiore dell' acqua, ed il terzo lato eguagliasse il raggio di curvatura della striscia stessa, fra palo e palo. Giova quindi il cercare di quanti gradi esser debba quell'arco di circolo, acciocchè, data la distanza de' pali, il raggio o la curvatura dell' arco riesca un minimo. Presto si trova che per esser tale fa d' uopo che l' arco di circolo sia la semicirconferenza. Per ottener poi che la tela prenda prossimamente la curva semicircolare, noi regoleremo la distanza da anello ad anello, nell' attaccarli al lembo superiore della tela quando ella è ancora asciutta, talmente che questa distanza, da anello ad anello, stia alla distanza fra i ganci fissati alle teste dei pali, per inserirvi cotesti anelli della tela, nel rapporto di circa 10 a 7. Imperciocchè, quantunque la tela sia per accorciarsi alquanto pel bagnamento, pure, in grazia della tensione, ella s' allargherà di modo, che là dove è il bisogno della maggior resistenza, cioè presso al fondo, l'arco descritto da ogni filo orizzontale starà alla propria corda, incirca come 11: 7, che è il rapporto approssimato della semiperiferia al diametro. Notate ben due cose: che se la tela prende la curva semicircolare fra palo e palo, essa la prende ancora, per necessità, nella parte addossata ai pali cilindrici, e che un picciol divario da tali rapporti esatti non ha conseguenze di rilievo, quando siavi altronde una ragionevole sovrabbondanza di robu-

stezza, come sempre esser vi dee. Io noto ancora un'altra cosa: che se la tela è molto più robusta di quello che basterebbe per l'arco di massima tensione, cioè al fondo, essa si può disporre in un arco minore di 180°, risparmiando nella lunghezza della tela.

Vediamo ora il modo di applicare questa tela ai pali. Nei miei primi tentativi io ammucchiava la tela appiè dei pali, poi cercavo di rialzarla; ma non tardai ad avvedermi che, durante l'innalzamento stesso della telata, succedeva un dislivello, da cui prendeva origine una tal prevalenza di pressione della tela contro i pali, che l'attrito rendeva impossibile il continuare ad alzarla. Il modo cui sperimentai più semplice di collocar la telata, e che riesce comodo e perfetto in pratica più di quanto avrei potuto sperare, è il seguente. Si infigge un uncino, o gancio, nella testa dei singoli pali dalla parte interna del fiume, un poco sopra all'altezza a cui si vuol tenere il lembo superiore della tela: nel preparare la telata, a terra, al lembo di lei superiore si pongono tanti anelli quanti sono i ganci dove essi andranno inseriti, con una distanza fra anello ed anello eguale incirca a nove o dieci settimi della distanza reciproca dei pali, da asse ad asse: colle barche si porta la tela asciutta presso la palafitta, e si inseriscono i singoli ganci entro la anella, tenendo raccolta in fascio la tela. Dipoi, scostate per mezzo di funi le barche, e con esse il lembo inferiore della tela, od anche coll'aiuto di un ponte di servizio costruito parallelamente alla serie dei pali, come fece lo Zotti nella rotta della Secchia, si tiene sospesa e distesa per aria la tela, senza che essa tocchi l'acqua. Questa operazione si effettua per mezzo di varie funi cucite al lembo inferiore della tela, alla distanza di tre o quattro pali una dall'altra.

Infine, ad un comando dato ad alta voce dall'inge-

gnere direttore del lavoro, gli operai che stanno sulle barche o sul ponte di servizio, debbono istantaneamente rilasciare queste funi, avendo cura di secondare il corso dell' acqua, la quale da sè porta la tela contro i pali, e badando altresì di mantenere queste funi prossimamente parallele fra loro, ed in faccia al rispettivo palo. Allora succede un effetto il quale sembra avere del maraviglioso, tanto riesce pronto e regolare: l'acqua stessa, che ha già tirato giù la tela, e l' ha accostata ai pali, come accennai, la porta ad assettarsi contro ai pali stessi e frai loro vani, e si chiude l' uscita da sè medesima. La tela adempie così l' uffizio di un' imensa valvola.

Io soleva già far cucire dei sassi entro il lembo inferiore raddoppiato, onde affrettare la discesa della tela: ma ciò non è necessario, anzi potrebbe forse impacciare alquanto lo spontaneo assettamento del lembo ai pali ed al fondo. Ognuna delle funi che servirono a calare nell' acqua questo lembo inferiore della tela, debbe essere abbastanza lunga per poter accompagnare, col suo capo inferiore, il lembo della tela sino a che questo si posi quietamente a piedi della palafitta, e perchè si possa legare l' altro capo della fune al parapetto del ponte di servizio, se v' è, ovvero alla cima del rispettivo palo.

L' acqua incomincia tosto ad alzarsi dalla parte interna del fiume, e ad abbassarsi dalla parte della campagna. A poco a poco, quella dalla parte di fuori scola via tutta, e dal fiume non viene più che quella insignificante quantità d' acqua che geme tra filo e filo. Per la qual cosa è inutile lo adoperare delle tele inverniciate o spalmate di pece: basta una tela ordinaria qualunque; s'intende che è meglio s'ella è grossa, e fitta, come quella da vele. Ove nol sia abbastanza, vi si supplirà col raddoppiare o triplicare i teli. Il trapelamento diminuisce, col dilatarsi dei fili per la capillarità. Del resto che fa

a noi se passano pochi boccali d'acqua di più o di meno al minuto secondo, dove prima passava un fiume? Anche i pompieri adoperano alle volte dei secchi e dei tubi di tela: anzi, per vero dire, fu precisamente la cognizione di questo fatto, che mi pose sulla via di imaginare il nuovo metodo, poi di sottoporlo al calcolo ed all' esperienza. Dalla parte della campagna vedesi la tela rigonfia tra palo e palo, per la pressione dell' acqua la quale è omai tutta imprigionata dentro al fiume. La forma di questa curvatura della tela è veramente quella cui la teoria ha determinato, cioè a dire la tela fra palo e palo forma tanti semicilindri verticali. L' eguaglianza e regolarità di questi semicilindri, non ostante il modo poco preciso con cui si è abbassata la tela, che sembrerebbe dover produrre delle considerabili irregolarità nella distribuzione di essa fra palo e palo, si spiega agevolmente col riflesso che se per un istante va in mezzo ad una coppia di pali troppo più di tela che non conviene, quell' eccesso è cagione che ce ne sia troppo poca frai pali vicini; ora questo difetto fa sì che la tela formi ivi quasi un piano, ed abbia perciò un gran raggio di curvatura, ciò che produce una tensione molto superiore a quella che avvi dove più abbonda la tela; ond' è che la forte tensione, vincendo la debole, tira prestamente la tela dai luoghi ove essa è in eccesso ai luoghi ove ne è difetto, tanto che vi sia incirca eguaglianza di tensione e di curvatura.

Tuttavia avviene qualche volta che l' assettamento della tela è troppo imperfetto: ma vi si rimedia tosto, tirando allo insù lentamente le funi del lembo inferiore; sollevato il quale, l' acqua si fa strada per di sotto, ed aiuta a sollevar tutta la telata; dipoi questa si torna ad abbassare con maggior attenzione, sì che la sua collocazione riesca secondo il bisogno. Similmente coll' aiuto

delle funi del lembo di sotto, si leva via del tutto la telata, ogni volta che si voglia, e con pochissima fatica.

Nei grandi lavori di rotte sarà più comodo il fare più telate, ed il porle in opera una dopo l'altra. Per far ciò non è necessario il cucirle insieme: basta che ogni telata che si aggiunge vada con una sua parte a coprire un'egual porzione dell'altra sino al di là di un palo comune per lo meno: insomma basta che la pressione dell'una tela sull'altra, moltiplicata pel coefficiente dell'attrito che è sempre minore di 0, 5, sia superiore alla tensione; e ad ottener ciò basta che la larghezza della striscia sovrapposta eguagli almeno il raggio di curvatura dei fili orizzontali fra palo e palo, o la metà della distanza viva fra l'uno e l'altro, se la curva è semicircolare. Il medesimo principio serve a spiegare il fatto per cui il sopravvanzo della tela non fugge nè sotto il fondo, nè ai fianchi: ma per averne la spiegazione completa, fa d'uopo aggiugnere un'altra considerazione. Nei primi istanti del collocamento della tela passerà necessariamente una certa quantità d'acqua fra il contorno della tela ed il fondo del fiume o le labbra della rotta; anzi, alzandosi tosto il livello dell'acqua dalla parte di dentro, ed abbassandosi al di fuori, la velocità con cui fuggirà l'acqua pel contorno sarà quella cui acquisterebbe un grave cadendo per un'altezza eguale al dislivello. Ma il teorema di Daniele Bernoulli porta che la pressione dell'acqua corrente contro alle pareti di un tubo è quella dovuta all'altezza del livello interno, meno l'altezza dovuta alla velocità. Ne segue che la pressione è molto maggiore da una parte che dall'altra, ed appena il dislivello siasi fatto alquanto sensibile, i lembi inferiore e laterali son portati con prepotente e diffusa forza ad assettarsi al fondo ed alle ripe. Le sovrabbondanti dimensioni poi di quel lembo, tanto nel senso della lunghezza che della larghezza, è cagione

che ve n' è più del bisogno per adattarsi a tutte le sinuosità del fondo. Ove per qualche raro accidente ciò non riuscisse, come pure quando si manifestassero delle speciali vie d' acqua dall' interno all' esterno, vi si supplirebbe coll' affondare nel luogo opportuno un altro pezzo di tela di sufficienti dimensioni.

Spiegato omai abbastanza distesamente il modo di por la tela in opera, passiamo ad esporre, più brevemente, le regole per determinare le dimensioni e robustezza necessarie alle varie parti del lavoro: regole che sono fondate non solamente sopra i principii generali della Meccanica e dell' Idraulica, ma ancora sopra delle mie speciali esperienze intorno alla resistenza della tela, dei pali, e della terra. Amo di rendere qui una pubblica testimonianza di riconoscenza agli amici che mi coadiuvarono in quelle esperienze, il fu Prof. Rusconi, gl' ingegneri Giordani e Brunelli, ed il Dottor Burgatti. Le esperienze furono fatte specialmente nel canale di Bologna, e nel Reno sotto il ponte di Cento.

La robustezza della tela, ossia la sua attitudine a sostenere una maggiore o minor tensione senza rompersi, è proporzionale al suo peso per ogni metro quadrato; o più esattamente al peso dei fili sottoposti alla tensione, che nel caso nostro sono i longitudinali o quelli dell' ordito. Poco ci importa se i fili trasversali sono più deboli. La robustezza della tela di cotone non differisce molto da quella di canepa, ad eguali dimensioni. Quando si dee sostener l' acqua a considerevole altezza, con pali non molto vicini, se non si trova della più grossa tela da vele di sufficiente forza, vi si ripiega sovrapponendo dei teli anche di tela ordinaria e debole, talmente che riuniti facciano il peso necessario, indicato dal calcolo per ogni metro quadrato. La cucitura di un metro lineare occupa una donna per quasi due ore.

La risultante delle pressioni dell' acqua contro alla porzione di tela sostenuta da un palo è proporzionale al quadrato dell' altezza dell' acqua, e passa per un punto del palo distante dal fondo un terzo dell' altezza: laonde il *momento* per rompere o rovesciare il palo è proporzionale al cubo dell' altezza dell' acqua. La resistenza del palo alla rottura, presso il fondo, dove è la maggior pressione, è proporzionale al cubo della di lui grossezza.

La resistenza orizzontale del terreno al rovesciamento di un palo che vi è piantato, varia moltissimo secondo la maggiore o minor consistenza del terreno stesso. Il dato numerico cui somministrerò un poco più avanti si riferisce al terreno peggiore sotto questo rapporto, cioè ad un letto argilloso-sabbioso di fiume, attualmente inzuppato o coperto di acqua.

Ad egual diametro e profondità di conficcamento la terra resiste più al rovesciamento di un palo a sezione quadrata, che di uno a sezione cilindrica, incirca come 4:3. Volendo impiegare dei pali a sezione quadrata, o prossimamente tale, bisogna che gli angoli, ove può strisciare la tela prima di assettarsi, sieno smussati. Si avrebbe qualche vantaggio di maggior resistenza dei pali, piantandoli in guisa da fare la maggior resistenza colle diagonali. Un vantaggio ancora più considerevole si avrebbe piantando i pali, conici o piramidali, colla parte più grossa in giù, malgrado la consuetudine contraria. In una palificata semplice la profondità del conficcamento dev'essere eguale incirca all' altezza dell' acqua sul fondo. I pali più lunghi e più grossi si devono piantare dove è la maggior profondità dell' acqua; ed ivi può convenire ancora di piantarli più vicini uno all' altro, che presso i labbri della rotta, dove l' acqua è meno profonda.

A sezione simile, la resistenza aumenta in un rapporto alquanto maggiore del quadrato del conficcamento,

supposti eguali i bracci di leva tanto della potenza che della resistenza: e siccome la potenza rovesciante è la pressione dell' acqua, la quale è proporzionale al quadrato dell' altezza, ed il suo braccio di leva, per operare il rovesciamento del palo, è semplicemente proporzionale a tale altezza, ne segue che per aver sufficiente robustezza, ad altezze diverse, essendo eguali le altre cose, la profondità del conficcamento dei pali dev' essere proporzionale all' altezza dell' acqua.

Un palo cilindrico del diametro di tre decimetri, piantato tre metri in terreno tutto di molle belletta sott' acqua, e fermato orizzontalmente da un saldo appoggio alla sua estremità superiore, prima di scavarsi *per aramento* resisterebbe ad una forza orizzontale pari a 12000 chilogrammi, applicata, col calcolo, al mezzo del conficcamento. Una forza di novemila chilogrammi, applicata orizzontalmente allo stesso palo, ad un metro di distanza dal suolo, senza che il palo abbia alcun fulcro al di sopra del suolo, lo inclinerebbe fortemente, cioè ad un angolo di 24° incirca colla verticale. Per poco che si cresca questa forza, l' inclinazione cresce pure, ed il palo in breve si cava. Un terreno di pura sabbia, ma asciutto da lungo tempo, resiste circa otto volte altrettanto. È palese che un terreno di natura più tenace resisterebbe anche di più.

Qualunque palo piantato in terra, se vi si applichi una potenza considerabile in senso orizzontale, devia sempre non poco dalla sua posizione verticale, per cedimento di terreno. Ciò è inevitabile, ed il pratico non ne deve concepire un vano sgomento; anzi, quanto più il palo è inclinato, purchè non al di là di un certo limite di inclinazione, tanto maggiore è lo sforzo orizzontale a cui il palo, o piuttosto il terreno ove egli è piantato, si fa capace di resistere.

In quanto alla resistenza, veramente propria del palo, alla rottura, può servire di norma il seguente dato pratico, in unione alle regole generali già spiegate. Supposta l'altezza dell'acqua sopra il fondo tre metri, e quindi l'altezza del centro di pressione un metro, la distanza dei pali da centro a centro un metro, e quindi la pressione addossata a ciascun palo 4500 chilogrammi, un palo parallelepipedo di rovere o di abete avente tre decimetri di grossezza sarebbe dotato di una robustezza più che sufficiente per reggere a tal carico. In fatti il carico necessario all'immediata rottura sarebbe sette volte maggiore di quello che questi pali soffrirebbero in effetto. Se questi medesimi pali fossero profondati tre metri, la terra avrebbe ancora più che sufficiente resistenza per impedire il lorc ribaltamento, supposto il carico come dianzi : molto più se i pali fossero meno distanti che un metro da centro a centro; poichè il carico è in ragione inversa di tale distanza.

In quanto alla tela, se ella fosse di diverse qualità si potrebbero collocare i teli più deboli al di sopra ed i più forti al dissotto. Se la tela fosse di canepa, e pesante un chilogrammo al metro quadro, il suo carico di rottura, in un metro lineare, sarebbe 3300 chilogrammi, ossia 33 chilogrammi per un nastro o striscia larga un centimetro: ma se la grossezza e la distanza dei pali e l'altezza dell'acqua sono come nel caso precedentemente supposto, e la tela descrive in mezzo ad essi dei semicilindri del diametro di sette decimetri, la tensione della striscia più profonda di tela, alta o larga un centimetro, non è che di dieci chilogrammi e mezzo; quindi vi è sufficiente sicurezza (1).

---

(1) Per mostrare viemeglio, con un esempio particolare, la grande economia di tempo e di spesa che vi sarebbe nel

Nel caso di dover sostenere un' altezza d' acqua maggiore di tre metri si potrebbero piantare, dietro la prima fila di pali, altrettanti pali più alti, semplici o composti, inclinare per mezzo della torcitura di tanti pezzi di fune, od in altro modo, i pali di dietro verso quelli davanti, poi, inchiodatili insieme, appoggiare una seconda telata più alta alla palafitta così radoppiata e rafforzata. Tanto i pali della palificata doppia come quelli della semplice debbono essere inchiodati per di dietro a delle filagne, o correnti orizzontali, affinchè i pali più forti o meglio piantati si rendano solidali dei loro compagni più deboli. Con una semplice tela, e con una sola fila di pali,

---

nuovo metodo in paragone dell' antico, imaginiamoci di dover prendere quella stessa rotta del Reno di cui abbiamo parlato nella nota precedente.

Suppongo di avere a mia disposizione mille uomini pei lavori di terra, dugento per la palificazione, più un quaranta o cinquanta donne per la cucitura delle vele. Nei grandi lavori di questo genere suol offerirsi, anche non cercato, un maggior numero di persone di quello testè supposto. Se vi fosse bisogno, alletterei un maggiore o più sollecito concorso offrendo mercedi superiori a quelle che occorrono in tempi ordinarii. Introduco un qualche ordine ed organizzazione in questa specie di reggimento improvvisato, incaricando uno de' miei aiutanti di farvi alla meglio delle divisioni e suddivisioni, coi loro rispettivi capi. Incaricherei un altro di far sollecita incetta di pali, di berte, di tela, e di barche, supposto che il ministero de' lavori pubblici non sia stato abbastanza provvido per avere ampiamente forniti di tali oggetti i magazzini del genio civile. I lavoranti cominceranno ad assalire la rotta da ambe le parti nel solito modo, portandovi della terra per restringere la bocca. Si porrà la terra nella posizione e quantità calcolata per rista-

io potei sostener l' acqua sino all' altezza di quattro metri, nei grossi scoli Riolo e Calcarata, e ciò non per poche ore, ma per una durata di tempo da dieci a trenta giorni. Per una vista di prudenza, ed anche in via di esperimento, io collocai un grosso e lungo trave orizzontale, appoggiato alle testate di un ponte, alla distanza di pochi decimetri di dietro ai pali. Quando l' acqua si fu alzata alla sua massima elevazione dalla parte del monte, e scolata a valle, tutti i pali si erano inclinati verso il trave, e le teste di molti di essi pali andarono ad appoggiarsi al trave, ma i più robusti non si inclinarono abbastanza per giungere a toccarlo. Aggiugnerò qui per inci-

---

bilire dapprima la parte inferiore dell' argine sino all' altezza di 3 metri sul piano di campagna. In dieci giorni la bocca sarà ridotta ad un terzo della sua prima larghezza, od 80 metri.

In questo mezzo tempo la palificata è già stata compiuta. Per evitare il gorgo, io ho piantato i pali in un arco di circolo di 120°, con una corda di 100 metri, ed una saetta di 34 metri. La lunghezza sviluppata è di 121 metri, ed altrettanti sono i pali, supposta la loro distanza, grossezza, altezza ed affondamento come nel precedente esempio. Le due estremità della palificata si arrampicano su per le scarpe esterne dei due tronchi di argine rifatto. Ogni berta ordinaria, messa in azione da 12 in 14 uomini, ha piantato un palo in due ore: bastavano quattro berte, lavorando giorno e notte, per piantare tutti i 121 pali, in meno di tre giorni e render possibile *il dare la stretta.* Sarà prudente l' abbondare in sicurezza; piantare ben anche 150, ovvero dugento pali, invece dei 121 che basterebbero a rigore. Siamo ben lontani ancora dagli 838 grossi pali della rotta del Poggio Renatico, più gli 8623 pali minori, più le migliaia di buzzoni, gabbioni, volpare, volpastri, e volpastroni ecc. ecc.

denza che il principal vantaggio della paltelata, in luogo dei cavedoni di terra, per mettere temporaneamente all'asciutto la parte inferiore di uno scolo o di un canale, dipende dalla facilità di levare tutto l'apparecchio della paltelata, appena ha compiuto il suo ufficio, mentre si riesce difficilmente a cavare tutta la terra di che era fatto il cavedone. L'estrema facilità di ricuperare la tela, sollevandola mediante le funi pel lembo inferiore, e la possibilità di estrarre ancora, con delle leve, tutti i pali, è un altro vantaggio del nuovo metodo di prendere le rotte dei fiumi, in paragone del metodo antico.

Ai non pratici del metodo antico, potrà sembrare un inconveniente del nuovo, l'alternativa in cui si troverà necessariamente l'ingegnere, dopo fatta la chiusura provvisoria colla teta, di compir l'argine, o con una curva al di fuori e al di dietro della paltelata, ciò che aumenta la lunghezza, e toglie la regolarità dell'argine, od in linea retta, al di dentro e davanti la paltelata, ciò che necessita il gettare la terra nell'acqua. Ma questo non è uno svantaggio speciale del nuovo metodo: appartiene egualmente all'antico. Nel vecchio metodo si fa qualche volta il nuovo argine a coronella, per evitare il gorgo; più spesso in linea retta, passando sopra il gorgo: ma nell'uno e nell'altro caso è inevitabile il dare a fondamento del nuovo argine della terra buttata giù nell'acqua. Non è lavoro bello, nè regolare, ma si vede in pratica che non va male come si potrebbe credere. La terra, colla sua gravità specifica prevalente va a prender il posto dell'acqua, e l'enorme e sempre crescente pressione, di mano in mano che si alza l'argine, produce l'assettamento degli strati inferiori, senza pigiatura ordinaria, anzi di gran lunga meglio che non potrebbero fare le mazzeranghe maneggiate da un migliaio o due di uomini.

La prontezza, sicurezza, ed economia del nuovo metodo,

per liberare le coltivate ed abitate campagne dall' inondazione, non è un lieve vantaggio: ma un' altra non meno utile applicazione idraulica della tela potrebbe volgersi a preservamento dallo stesso flagello, nelle città attraversate dai grandi fiumi, come Roma, Firenze, Pisa, Parigi, Lione, Londra, Vienna, Pietroburgo, e tante altre. Lo stabilirvi degli argini superiori all' altezza massima a cui tanti disastri così luttuosi e recenti han mostrato che l' acqua dei fiumi può alzarsi, in alcuni luoghi sarebbe impossibile o gravemente incomodo, perchè ostruirebbero le case o le strade, non sempre larghe, fiancheggianti il fiume: e dove sono le magnifiche lungarе, o *quais*, come a Firenze, a Parigi, a Lione, l' argine distruggerebbe tutta la loro bellezza. I parapetti di muro fanno in parte lo stesso effetto cattivo di togliere o diminuire l' amena vista del fiume, e non prestano abbastanza l'uffizio buono di prevenire lo staripamento.

Imaginiamo, al posto dei parapetti di muro, una serie di eleganti colonnette di ferro, infisse a pali di legno piantati a fior di terra: e che le due fila di siffatti piedritti, al luogo d' ingresso del fiume in città, ed alla sua uscita, prendano una direzione perpendicolare al fiume, ed ascendano da tutte quattro le parti sino a terreni abbastanza elevati, perchè non vi possa mai giugnere l' acqua del fiume. Questi pali avranno, ciascuno alla debita altezza, il suo gancio da sospendervi le anella: lungo le due ripe vi saranno dei piccoli magazzini dove si conservino molte telate munite delle loro anella al lembo superiore, e colla debita sovrabbondanza di dimensioni: possono pure esservi dei carretti per tirarle comodamente e lestamente a mano dove occorrerà. Indovinate già il resto. Allorchè il fiume minaccia seriamente, gli uomini deputati a tal cura, aiutati ancora da altri cittadini, porranno a luogo a luogo le

telate; le quali saranno atte a salvar la città, od i suoi quartieri più bassi, se il fiume si alza al segno delle antiche inondazioni; e verran ritirate al cessar del pericolo. Gli sfoghi delle chiaviche e de' condotti, che hanno scolo nel fiume, saran muniti di valvole di legno o di ferro, atte ad impedir il rigurgito del fiume per chiaviche e condotti, senza trattenere lo scarico di questi, quando la loro acqua sarà più alta di quella del fiume.

Si crederebbe forse troppo grave il dispendio di un simile sistema di difesa? Lo sarebbe meno di quello degli argini, e molto meno poi dei danni materiali accumulati dalle successive inondazioni: senza considerare lo spavento di tante migliaia di persone; le morti, che sogliono ben anche avvenire, di alcune di esse, e le malattie, forse in maggior numero, prodotte dall' umidità che rimane nelle abitazioni: mali tutti cui anche una grande somma d' argento ed oro non potrebbe compensare.

LEZIONE VENTUNESIMA

Fisica — *(Parte Prima)*

Natura! venerando ed amabile nome! Nome a cui pochi un'idea ben chiara e ben definita congiungono, ma da cui tutti sentono essere adombrata qualche cosa grande, arcana, maravigliosa, possente, ed insieme benigna, benefica, amorosa. Se io innalzo lo sguardo alla lucida volta del firmamento veggo la grandezza della Natura nei globi, sterminati di mole, di numero e di distanza, che popolano lo spazio immenso: se lo giro pel

pianeta da noi abitato mi si porge innanzi la fecondità, la bellezza, la varietà inesausta di lei nell'aere, nella terra, nel mare. Io trovo la sua grandezza e bellezza negli inerti minerali dal minuto granello d'arena sino ai giganteschi graniti delle Ande e dell'Imalaia; la miro nelle vivide piante, dall'isopo della parete sino al pino della California; la scorgo nel sensitivo bruto, dall'impercettibile infusorio sino all'elefante ed alla balena: ma più che altrove me ne esalto nella privilegiata umana specie, dal selvaggio abitante della Notasia sino al gentile Europeo. Se raffronto fra loro tante e sì diverse cose, mi rifulge in esse un ordine, una costanza, una unità sovranamente stupenda. Che sei tu dunque, o Natura? Sei tu la Madre di tutte cose? Sei l'anima dell'Universo? Sei l'Universo medesimo? Sei un Nume degno dell'amore e dell'incenso de' mortali? No; tu non sei che un essere astratto, pur capace ancora di empir di sè la mente ed il cuore del pensator più profondo: sei la legge e l'ordine che conduce ed informa la parte materiale dell'immenso Universo.

Ed in vero in ogni tempo i filosofi, i poeti, gli artisti, gli uomini tutti di eletto ingegno, di fervida imaginazione, o di alto sentire consecrarono al sublime spettacolo della natura il loro studio, o almeno la loro attenzione. Indi nacque la scienza che aveva per ministero di espor la natura nelle diverse sue parti e sotto i suoi differenti aspetti, e che perciò sino ab antico fu chiamata *Fisica*, che è quanto dire, giusta la greca etimologia della parola, *Scienza della Natura.*

Veramente però l'obbietto di tale studio è sì molteplice e sì grande che ebbe a dividersi in parecchie scienze separate; e quella parte a cui rimase il nome di Fisica, di mano in mano perdette di estensione, abbenchè nel medesimo tempo ella si sia andata avanzando in numero ed importanza di veri e provati insegnamenti.

Dei corpi che son nel mondo terracqueo avvi tre classi sommamente distinte fra loro. La prima è di quelli che non soggiacciono ad alcun notabile cambiamento interno: le varie parti di cui si compongono non esercitano o non sembrano esercitare alcuna azione le une rispetto alle altre: questi si chiamano *corpi inorganici* o *minerali*. Tali sono l'aria, l'acqua, le terre, le pietre, i metalli, ed in generale la maggior parte della massa solida e fissa del globo.

La seconda e la terza classe è di quei corpi che hanno vita. Ma che cosa è dessa, la *vita?* Ella è una delle più incomprensibili maraviglie della natura. Un corpo dapprima picciolo nasce da altri a lui simili, e viene via via crescendo: dall' aria dall' acqua e da altri corpi che ebbero vita essi pure egli trae a sè continuamente delle parti di cui si nutre, e ne elìce degli umori i quali in appositi canali circolano per tutto l' interno di esso corpo, e appoco appoco si trasformano in sua propria sostanza: poi, dopo un tempo più o men lungo, questo alternarsi di funzioni si affievolisce, e viene ad inevitabile estinguimento. Ecco gli effetti a tutti noti della vita: le cagioni della vita sono per noi inesplicabili.

Ma tra i corpi dotati del prezioso principio della vita, o dell'*organismo,* e che perciò si chiamano in generale *corpi organici,* due generi estremamente ancora differenti si distinguono: le piante o *vegetabili,* e gli *animali.* Le prime (chi è che nol sappia?) non han virtù di muoversi dal suolo ove sono infitte, nè mostrano alcuna coscienza del loro essere o di ciò che altri lor faccia. Gli animali per lo contrario, mercè il principio senziente o intelligente che in essi risiede, han facoltà di tramutarsi da sè stessi di luogo in luogo, e si accorgono delle impressioni cui esercitano i corpi esterni sopra quei loro delicatissimii organi che si chiamano sensi.

I minerali sono soggetti essi pure a mutamenti intestini, benchè lentissimi e molto differenti e meno considerevoli di quelli de' corpi organici; ed in ispecie molti di essi, per esempio i marmi nelle lor cave native, si vanno aumentando per nuova materia che dai vicini corpi passa a sovrapporsi e a fissarsi intorno intorno ad essi. Il celebre Linneo, attribuendo, forse a torto, la medesima prerogativa a tutti i minerali, distinse i tre così detti *Regni della natura*, con elegante laconismo dicendo: i minerali *crescono*, i vegetabili *crescono e vivono*, gli animali *crescono, vivono e sentono.* I primi formano il *regno minerale*, i secondi formano il *regno vegetabile*, e gli ultimi il *regno animale.*

La descrizione e classificazione di questi tre Regni chiamasi *Storia Naturale*, la qual si divide in tre grandi scienze separate: la *Mineralogia* narra i corpi inorganici, la *Botanica* narra le piante, e la *Zoologia* i corpi animati.

Ma la solerte umana curiosità non poteva starsi contenta alla ignuda esposizione dell'esterno aspetto delle tante specie di corpi che sono nei tre indicati regni: natural cosa era che fosse pur vaga di investigar e di esaminare i *fenomeni* cui essi presentano. Qui ho usata una parola che è conveniente ch'io subito spieghi, benchè a quasi tutti sarà notissima, ed agli altri, come suol avvenire di tutte le parole, sia per divenir chiara più facilmente per l'uso frequente che se ne farà, di quello che per definizione. *Fenomeno* si appella dai fisici qualunque singolar apparenza de' corpi, ogni novità, ogni fatto che in loro spicchi, atto ad indur meraviglia, o ad eccitar curiosità di conoscerne la cagione. Per esempio è un fenomeno il sorger del sole, il suo tramonto, un' ecclissi; il vento, il tuono, il fulmine; è un fenomeno l'eco: un altro il gelarsi dell'acqua pel freddo; un altro, che un bastone immerso nell' acqua sembri piegato o scavezzo; che

lisciando il pelo d' un gatto all' oscuro si veggano delle scintille: che di un'arma da fuoco la quale si spara lungi da noi vediam prima il lampo di quello che sentiamo lo scoppio; che la calamita tiri il ferro; che l' ago calamitato volti sempre la sua punta verso il settentrione. *La cognizione dei più generali e più importanti fenomeni che avvengono nei corpi senza che sien mescolati, e delle cause e degli effetti di essi fenomeni*, costituisce quella scienza che oggi più specialmente si chiama *Fisica*.

Così il significato di questo nome si è successivamente ristretto, alla guisa di un vasto impero che si venisse a più riprese smembrando, e si riducesse da ultimo ad una sola provincia la quale serbasse l'antico nome di tutto l'impero. Tali progressivi restringimenti, lungi dall' essere umilianti sono gloriosi non solo per la scienza della natura, ma per quella parte di lei che la primiera denominazione ha ritenuto: percioecchè le altre si sono distaccate dal nativo ceppo, per essere divenute di piccioli rami, grandissimi alberi: e quel ramo che sul ceppo rimase, è cresciuto pianta non meno magnifica e fruttifera, ma più leggiadra di tutte le altre.

Io per altro, dopo avere succintamente esposte le nozioni più fondamentali della Fisica generale nelle due lezioni di Meccanica, e nelle tre di Idraulica, non posso consacrare alla Fisica particolare che tre o quattro brevi lezioni per delibare unicamente da questa bella ed importante scienza quelle cognizioni che ci sono più indispensabili a comprendere le leggi e la struttura complessiva dell' Universo.

La Fisica particolare versa principalmente sopra quattro distinte classi di fatti; cioè i fenomeni termici, o del calore, i fenomeni luminosi, i fenomeni elettrici, ed i fenomeni magnetici. Il calorico, la luce, l'elettricità ed il magnetismo sono stati chiamati *fluidi imponderabili*,

o privi di peso: la maggior parte dei fisici oggi considerano queste quattro cose, non come corpi, ma come manifestazioni diverse delle varie specie di vibrazioni che agitano le molecole dei corpi: ed altri ben anche sostengono, con plausibili ragioni, che non sono neppure *quattro cose* diverse, ma una sola, la quale prenderebbe diversi aspetti. Non credo che alcuno sia in grado di decidere con sicurezza queste oscure quistioni. Io certamente no: mi affretto piuttosto ad accennare brevissimamente le cose più necessarie e più utili a sapersi intorno alla prima classe di fenomeni, cioè del calore. Ma prima fa di mestieri che io parli, in modo più esplicito che finora non feci, della pressione dell' aria.

Dei fontanieri di Firenze osservarono una volta che l' acqua non si potea innalzare entro ad un corpo di tromba più in su che 17 in 18 braccia fiorentine, che è incirca dieci metri, o sei volte l' altezza d' un uomo. Vi fu chi ne andò a domandar la ragione a Galileo, il quale contento di cavarne occasione di mettere in beffe il principio Peripatetico allora in voga per le scuole, dell' orrore del vacuo, col quale si pretendeva spiegar i fenomeni delle trombe e tanti altri, argutamente rispose che si vedea che l' abborrimento della natura pel vuoto si placava al di là delle diciotto braccia! Ma Evangelista Torricelli, suo discepolo, trovò la vera spiegazione al fatto, coll' attribuir l' ascensione dell' acqua al peso e alla pressione dell' aria, e coll'arguirne che il peso totale dell'atmosfera sia eguale al peso di una quantità d' acqua alta solo dieci metri, ma che coprisse, egualmente come fa l' aria, tutta la superficie del globo: allora non è più meraviglia se la pressione atmosferica non può equilibrare il peso dell' acqua entro al corpo di tromba se non per l' altezza di dieci metri.

Torricelli nel cercar di convalidare la sua teoria fu

condotto da un sottile ragionamento all'invenzione del *barometro*. Non ci sarà forse alcuno dei miei lettori che non ne abbia visto: è un tubo ossia canna di vetro grossa un po'meno di un dito, e lunga un braccio e mezzo incirca, piena di mercurio in quasi tutta la lunghezza, e che si tiene annessa ad una tavoletta graduata appesa al muro. Il raziocinio del Torricelli fu questo: « poichè il » mercurio pesa 14 volte più dell'acqua, se è giusto il » mio concetto che il montare di essa nelle trombe sia » effetto della pressione atmosferica, questa pressione non » dee sostener il mercurio in uno strumento analogo alla » tromba se non ad un'altezza 14 volte minore, e quindi » la prova può farsi in una maniera non molto dispendiosa nè molto incomoda. » Ei prese adunque un tubo di vetro lungo un poco meno di un metro, lo chiuse da una parte ermeticamente col fuoco della lucerna, lo empì tutto di mercurio, e posto un dito all'estremità aperta lo capovolse, mise l'estremità così provvisoriamente turata sopra uno scodellino, che ora si chiama *pozzetto*, e levò il dito. Con estrema gioia, siccome è bene da credersi, vide nello stesso istante verificata la sua previsione; imperciocchè una parte del mercurio discese nel pozzetto, ma dentro il tubo restò ad un'altezza di 76 centimetri, che è incirca la quattordicesima parte dell'altezza massima cui può sostenersi l'acqua in un corpo di tromba sul livello del serbatoio. Seguo il mio stile di preferir quasi sempre numeri semplici, e, dirò così, popolari, ancorchè alcun poco meno esatti, a numeri più incomodi a leggersi e a ritenersi: ma non si dee credere che con calcoli più precisi non si trovi una perfetta coincidenza dei risultati dell'esperienza colle dottrine teoriche per noi accennate, o cui accenneremo nel seguito.

Siccome all'alto del tubo rimane uno spazio perfettamente vuoto di aria e di ogni altra sensibil materia,

così crescendo la pressione o il peso dell'aria esterna sul mercurio del pozzetto, il mercurio interno s'innalza senza impedimento nella parte superiore del tubo, come per lo contrario si abbassa allorchè la pressione diminuisce. Dunque l'altezza del mercurio interno sul livello di quello del pozzetto può riguardarsi quale misura della pressione o del peso dell'aria; perciò questo strumento, denominato dapprima tubo torricelliano, più comunemente è detto *baròmetro* (da *baròs*, peso).

La scala che vi è unita per istimar l'altezza della colonna liquida, è divisa in parti del metro: l'altezza più ordinaria di questa colonna a livello del mare è di 76 centimetri, o ventotto pollici parigini, ovvero un passo umano incirca: ciò prova che l'aria preme sopra un passo quadro con una forza eguale al peso di un passo cubo di mercurio, o più largamente dicendo, che tutta l'atmosfera sovrincombente alla superficie del globo terracqueo, pesa come farebbe un mare di mercurio che la coprisse, ma profondo solo un passo; ovvero un mare di acqua della profondità di un poco più di dieci metri. Con questo dato riesce facile il calcolo del peso totale dell'atmosfera.

Appena si sparse per l'Europa la notizia della scoperta del Torricelli, tutti i fisici furono curiosi di ripeterne da sè l'esperienza, e di avere nel lor gabinetto il novello strumento. Pascal fece tra sè una riflessione simile alla seguente: se imaginiamo due barometri, uno alla cima di una torre, l'altro al piede di essa, il mercurio del barometro al piede della torre sarà più premuto che nell'altro; perchè quello che è sulla torre non sostien che la pressione dell'aria superiore a lei, mentre quello che sta al piede sostiene oltre la pressione dell'aria che è di sopra della torre, ancor quella dell'aria che è dai merli sino a terra: dunque quanto più si va in alto, il mercurio

del barometro debbe sempre più calare entro il tubo, ricoverandosi nel pozzetto. Pregò pertanto il suo amico Périer, a salire con un barometro sul Puy-de-Dôme, che è il più alto monte nell' interno della Francia. A mano a mano che il tubo torricelliano era portato più in alto, la colonna di mercurio vie più sempre si abbassava: l' argomentazione di Pascal ebbe una luminosa conferma.

Ne nacque la ingegnosa e felice idea di far servire il barometro alla misura delle altezze de'luoghi. Ma per giugnere a questo intento non bastava il sapere che la colonna mercuriale si accorcia quanto più è portata in alto; bisognava sapere in che rapporto sta quest' abbassamento del mercurio coll' altezza del luogo. Niente sarebbe stato più facile, se la densità dell' atmosfera fosse eguale dappertutto; ma non è così; perchè gli strati d'aria più bassi, essendo i più compressi, come quelli che hanno sopra loro il maggior peso, sono ancora i più densi e più pesanti; i più alti strati, per la contraria ragione, sono i più rarefatti e più leggeri. Venne in sussidio opportuno una scoperta di Mariotte. Egli dimostrò coll' esperienza, che a temperatura eguale la densità dell' aria asciutta è in ragion diretta della pressione cui essa sostiene: questa chiamasi *la legge di Mariotte.* Da essa potè concludersi per via di ragionamento matematico con qual regola scema la densità degli strati atmosferici secondo l'altezza; e se ne cavò un metodo, mediante il quale, confrontando le altezze del mercurio di due barometri posti in due luoghi diversi contemporaneamente, si rileva quanto l' uno dei due luoghi sia più alto dell' altro. Di questo metodo fu inventore Bouguer. L' operazione esige molte avvertenze delicate, e dei calcoli non tanto brevi: tuttavia questo è tra i mezzi sinora praticati il più comodo e spedito, per misurare con sufficiente approssimazione l' altezza di diversi luoghi sul livello del mare; specialmente l' altezza delle montagne.

L' *aneroide* è uno strumento più comodo del barometro, e che dà le stesse indicazioni, benchè meno sicure e meno esatte. La parte più essenziale consiste in una scatola di ottone ove si è fatto il vuoto. La variabile pressione dell' aria esterna avvicina più o meno le pareti, ed una di queste, mediante un ingranaggio intermedio, muove un indice, che scorre sopra un arco graduato.

Si chiama igrometro (da *hygros*, umido, ecc.) uno strumento misuratore dell'umidità atmosferica. L'igrometro presentemente più in uso presso i fisici e meteorologisti è il *psicrometro* di August, consistente in due termometri, dei quali uno è coperto di tela bagnata, la cui evaporazione determina un raffreddamento (*psychros* in greco vuol dir freddo); per mezzo di tavole appositamente calcolate, il confronto dei due termometri dà la forza elastica del vapore contenuto nell' aria.

È un sistema cui diremo utile, poichè non han saputo trovare di meglio, ma altamente incomodo per gli stessi scienziati, e nullo pel popolo. Utilissimo invece al popolo, per le sue applicazioni meteorologiche ed igieniche, e comodo agli stessi scienziati per la sua semplicità, unita ad una discreta esattezza di indicazioni, quando non ha vizio di cattiva costruzione o di vecchiezza, è l' igrometro di Saussure, o igrometro a capello. Un capello allungandosi coll'umidità, e raccorciandosi per l'asciutto, fa girare un indice sopra una scala circolare, ove il numero 100 indica l' umidità massima o la saturazione, e lo zero indica l' aridità assoluta. La media delle indicazioni di questo igrometro in tutte le stagioni, negli strati inferiori dell' atmosfera, è incirca 72°. Quando l' igrometro segna questo grado, l' aria contiene la metà del vapore che ci vorrebbe per saturarla. È raro ch'egli segni 100°, anche quando piove. Presso la superficie della terra non discende mai al di sotto di 40°. A questo estremo pratico

di siccità, l'aria contiene un quinto del vapore che si richiederebbe per saturarla. In tutti gli appartamenti ben tenuti, e specialmente nelle camere dei malati, non dovrebbe mancare un igrometro a capello, per saper evitare gli eccessi nocivi dell'umidità mediante il fuoco, e gli eccessi, non meno perniziosi, della siccità, coll'evaporazione dell'acqua. L'igrometro all'aria aperta fornisce un probabile pronostico della pioggia, quando egli segna i gradi più alti, e del bel tempo nel caso contrario. È facile il comprenderne la ragione. Non è egli evidentemente più probabile che l'aria giunga ad esser satura di umidità, e quindi alla pioggia, quando il grado relativo di umidità è già prossimo alla saturazione, che nel caso opposto? Per la medesima ragione l'abbassamento della colonna barometrica è un indizio, dotato di una certa probabilità, di non lontana pioggia; come per lo contrario l'alzamento del mercurio è un probabile pronostico di bel tempo: imperciocchè, essendo il vapore acqueo più leggero dell'aria, ne segue che l'aria pregna di umidità è più leggera dell'asciutta, e viceversa.

Nei tempi di grande e prolungata siccità, come quello che si è avuto in Europa ed in America nello spirante anno 1871, gl'incendii casuali sogliono avvenire in un numero di gran lunga superiore all'ordinario. Non è già perchè il caldo e l'asciutto dell'atmosfera generino direttamente l'incendio. La cagione del maggior numero d'incendii nei tempi caldi ed asciutti dipende dall'igrometricità delle sostanze combustibili. In tutte le stagioni, e specialmente in inverno, cadono innumerevoli scintille, inosservate o trascurate, sopra dei corpi combustibili: ma siccome questi si imbevono di una parte dell'umidità atmosferica nei tempi piovosi, anche senza essere direttamente esposti alla pioggia, e cedono lentamente una parte di umidità all'aria nei tempi asciutti, e siccome

d' altra parte il calorico della scintilla, prima di poter generare la fiamma dee vaporizzare l' umidità del corpo su cui è caduta, così avviene che un milione di scintille genera per esempio un incendio in tempo umido, ma ne genera dieci o venti in un tempo asciutto. In questi ultimi casi l' opinione volgare non manca mai di darne la colpa a delle bande di malfattori. Gl' incendiarii, sventuratamente, ci possono essere in tutte le stagioni: ma è assurdo il supporre che la loro perversità si alzi e si abbassi in ragione inversa dell' umidità atmosferica.

Numerosi ed importanti sono i fenomeni fisici e fisiologici in cui la densità dell' aria ha una parte decisiva. Per dirne alcuni, più languido è l' abbruciare del fuoco se vi dà sopra il sole; e anche senza di ciò il fuoco arde men vivo nell' estate che nell' inverno, perchè il calore rarefà l' aria. Sugli alti monti, ove l' aria è molto rarefatta, è più debole la combustione. Fu il primo dei viaggiatori a farne nota il Veneto Marco Polo, sulle eccelse vette del Tibet. E tanto sulle montagne come nelle macchine aereostatiche, allorchè molto si innalzano i viaggiatori, provano non piccioli incomodi, non pure per la difficoltà di respirare e per la soverchia asciuttezza dell' aria, ma ancora perchè i fluidi elastici racchiusi nel loro corpo rapidamente si dilatano, e giungon persino a fare uscire il sangue dalle orecchie. Fioca è la lor voce, presto eglino sono spossati da una lieve fatica d'intelletto o di membra: tuttavia, in mezzo ad un solenne universale silenzio, la diminuita pressione gl' invade di un ingannevole senso di leggerezza, sì che i camminatori, come sovente sembra in sogno, crederebbero quasi di non toccar co' piedi la terra, e gli areonauti si penserebbero di nuotare per propria natura nel vasto pelago dell' atmosfera.

L'aria montana è salubre per le persone di robusta complessione, non già perchè vi abbondi più l' ossigene,

come erroneamente credono molti, mentre la proporzione dell'ossigene e dell'azoto è la medesima a tutte le altezze sinora esplorate, ma perchè su quelle alte cime mancano i miasmi paludosi che impestano l'aria nelle basse pianure, e le mille esalazioni pregiudizievoli di cui è inquinata l'aria delle città. Ma i luoghi molto elevati sono nocivi alle persone cagionevoli di petto, per due ragioni. Una è che, essendo ivi l'aria meno densa che al piano, bisogna faticare ad espandere il torace di più, od alternare la respirazione più spesso, onde introdurvi un sufficiente peso di ossigene in un dato tempo. L'altra ragione si è che sui monti le variazioni termometriche ed igrometriche sono più grandi e più rapide che al piano. Di qui nasce che le funzioni della cute, e quindi ancora quelle del polmone, sono più irregolari, o più faticose. Imperciocchè la cute è una specie di esteso polmone esterno, sussidiario e solidale del polmone interno: ora la maggiore o minor sottrazione di vapore acqueo tanto dal polmone interno quanto dalla cute, ma principalmente da quest'ultima, sotto forma e nome di perspirazione, dipende moltissimo dalla temperatura e dallo stato igrometrico dell'aria.

La densità dell'aria non solo cambia da luogo a luogo, ma ben anche in un luogo stesso da un momento all'altro; ed i cambiamenti sono considerevoli, perchè determinati da due cagioni molto variabili esse medesime, la temperatura e la pressione. Ora, come vi hanno due istrumenti per misurar questa e quella, come avvene un terzo per indicarne l'umidità, un quarto per misurarne l'elettricismo, perchè non ve ne potrebbe esser uno destinato a misurarne direttamente la densità? Io ne ho imaginato ed eseguito uno a tal uopo, e voglio darne breve contezza ai miei gentili lettori. (*)

(*) Una memoria da me letta a' miei colleghi dell'Acca-

E dapprincipio mi farò a descrivere come egli è costruito. Il *platimetro* (da *platyno*, dilatare, perchè misura direttamente la dilatazione dell' aria) è un tubo circolare, ossia annulare, di vetro, ad uno o più giri, contenente del mercurio in una porzione bassa della sua capacità, per un arco di 90 in 120 gradi; e nel resto, di qua e di là dal mercurio, dell'aria atmosferica, la quale da una parte è chiusa ermeticamente, e dall' altra ha libera comunicazione, mediante un piccolo foro, coll' atmosfera. Il tubo medesimo, armato di sottili razze, si aggira sopra due perni orizzontali, uno dei quali è munito di un indice; e questo, scorrendo sopra un circolo graduato, concentrico al tubo, segna ad ogni istante la variabile densità dell' aria atmosferica. Le dimensioni possono essere varie: quello cui ho fatto eseguire coll' aiuto del valente meccanico Annibale Calzoni, ha quasi cinque giri o spire, del diametro medio di $0^m.21$, ed un calibro interno di otto millimetri. È di una sensibilità così grande, che senza bisogno di nonio, l' indice si sposta visibilmente ponendo il platimetro sopra una tavola, ed al piede di essa. Preferisco però un giro solo: si ha un istrumento più comodo e più sensibile del barometro a mercurio; egualmente sensibile dell' aneroide, ma con maggior sicurezza ed esattezza delle rispettive indicazioni.

Per effettuare la graduazione, bisogna aver prima diviso l' interno in parti di eguale capacità, poi segnate quelle divisioni, e delle approssimative suddivisioni, con numeri provvisorii lungo il perimerto del tubo. Vuotato il tubo dal mercurio che servì per la graduazione provvisoria, si contrappesa il sistema in guisa che stia da sè

---

demia delle Scienze di Bologna, nella seduta del 2 Maggio 1867, ne ottenne l'onore ed il vantaggio del premio Palcani.

in equilibrio in due diametri che si incrocicchiano; dopo di che è certo che sarà in bilico in tutte le altre posizioni. Appresso si versa entro il tubo annulare per uno dei piccoli pertugi tanto mercurio da empirne un quarto od un terzo di giro, e si volta l'istrumento sui perni in guisa da portar il mercurio a quella distanza dai due estremi che si richiede perchè il ramo chiuso sia più lungo che si può, ma il ramo aperto non sia così corto da lasciar uscirne il mercurio nelle maggiori dilatazioni prevedute dell'aria. Si pone poscia lo strumento sotto una campana di vetro, ove sieno un igrometro e delle sostanze disseccanti; quando l'igrometro annunzia che l'aria sotto la campana è asciutta, o quasi, prestamente si chiude colla lucerna, ossia *ermeticamente,* il foro del ramo che deve rimaner chiuso. Mediante il barometro ed il termometro, colla scorta delle leggi di Mariotte e di Gay-Lussac, si determina la densità dell'aria corrispondente alla posizione attuale dell'indice: con questi dati, e coll'aiuto della scala provvisoria, si determina il punto della graduazione che corrisponderà alla densità normale; ivi si segnerà il numero 100 della scala definitiva: di qua e di là si segnano, coll'aiuto del calcolo, gli altri numeri principali 90, 80, ecc., 110, 120, ecc.

Spieghiamo in breve il modo di agire di questo istrumento. Ad egual temperatura e pressione dell'aria nei due rami, la densità dell'aria è pure eguale, ed il mercurio è allo stesso livello dall'una e dall'altra parte. Venga ora a togliersi l'eguaglianza delle due densità: l'aria più densa spinge in giù il mercurio dalla sua parte, ed in su dall'altra parte: ma il mercurio così non occupando più il fondo del tubo, fa girare lo strumento sui perni, insino a tanto che il centro di gravità torni a porsi verticalmente sotto l'asse di rotazione: l'equilibrio non è ristabilito, se non quando le due densità sono ridivenute eguali.

Ma in questo mentre l'indice, solidale col tubo annulare, si è spostato, e segna omai la nuova densità dell'aria.

A che poi monta, domanderà forse alcuno, di sapere quanto è densa o rarefatta l'aria, qui o colà, adesso o poi? Io risponderò che il platimetro può avere anche un'utilità igienica per le persone di deboli organi respiratorii: e che ne può avere una scientifica, come controprova delle osservazioni barometriche e termometriche, come risparmio di tempo, nel leggere la diretta indicazione del platimetro invece di calcolare la densità mediante la temperatura e la pressione: abbrevierà agli astronomi il calcolo della rifrazione; potrà servire da sostituto del barometro per la misura delle altezze, colle medesime formole; e ciò con particolar comodo degli areonauti, come istrumento meno pesante, e perchè eglino hanno principal bisogno di giudicare a colpo d'occhio lo avvicinarsi di quel limite di rarefazione atmosferica, al di là del quale il pallone scoppierebbe. Tanto pel barometro che pel platimetro, la massima fondamentale è questa: il dislivello delle due stazioni è proporzionale alla differenza dei logaritmi delle indicazioni dei due strumenti.

LEZIONE VENTIDUESIMA

Fisica — *(Parte Seconda)* — **Calorico.**

Parliamo omai di proposito della *temperatura,* cui tante volte già abbiam dovuto nominare prima di definirla. Il male è che anche adesso che sarebbe il tempo ed il luogo di darne la definizione, non è agevole il disimpe-

gnarsi con onore; e ciò per la solita ragione che fuori della Matematica pura, è più facile il capire a discrezione il significato delle parole, che il darne una buona definizione.

Per comprendere che cosa è la temperatura, fa d'uopo conoscere una delle leggi fondamentali del calore, o *calorico*, la quale si enuncia brevemente così: il calorico *tende all' equilibrio;* vuol dire ch'egli ha una continua tendenza a far passaggio da un corpo ad un altro, quando il primo, in proporzione della sua massa e della sua natura, ne ha in maggior quantità che il secondo. Questa comunicazione del calorico da un corpo ad un altro succede in due modi assai distinti, per *raggiamento*, e per *contatto.* La comunicazione per raggiamento avviene fra due corpi separati da qualche distanza picciola o grande; ed il calore che si muove in tal guisa, chiamasi calore o calorico *raggiante.* Ei prende tal nome perchè si diparte da ogni particella del corpo caldo in forma di tanti raggi che si slanciano da tutte le parti in linea *retta*, come fanno i raggi luminosi. Perciò quando siamo all' ombra, cioè non esposti ai raggi diretti della luce del sole, siamo ancora riparati dalla sferza de' suoi raggi calorifici; il parafoco o le aperte mani che tolgono di veder cogli occhi la fiamma, ci riparan pure dal soperchio calore che essa dirittamente ci dardeggerebbe verso quel delicato organo, se un ostacolo qualunque non ne intercettasse i raggi diretti. Dalla diffusione del calore in retta linea verso tutte le parti dello spazio ne segue una legge verificata dalle esperienze, che l' intensità del calore, come quella della luce e del suono, è in ragion inversa del quadrato della distanza. La comunicazione per *contatto* succede pel passaggio del calore da un corpo ad un altro che si tocchino, o da una ad un' altra parte di un corpo medesimo, così che ogni molecola riscaldi successivamente la sua vicina.

Tanto la comunicazione per contatto, come quella per raggiamento, avviene tutte e le sole volte che l'equilibrio lo richiede, cioè, come abbiamo spiegato, fra due corpi uno de' quali abbia maggior abbondanza di calore che non ha l' altro, proporzionatamente alla loro rispettiva massa e natura. Questo tal rapporto fra la grandezza e la natura d' un corpo colla quantità di calorico ch' egli possiede in un dato istante, si chiama dai fisici *temperatura:* di due corpi dicesi aver più alta temperatura quello che, ogni proporzion guardata, ha maggior copia di calorico, e che perciò è disposto a cederne all' altro. Per esempio sebbene un gran vaso d' acqua che bolle abbia maggior quantità assoluta di calorico di quello che una bracia, pure quest' ultima, comparativamente alla sua piccolezza, ne ha più del vaso, e perciò glie ne cede una parte per raggiamento: la bracia ha *più alta temperatura* che non ha il vaso. Quando due o più corpi son tali che anche posti in presenza l' uno non ha bisogno di sottrar del calorico all' altro, sono alla *medesima temperatura.*

Avvi egli bisogno di definire il calore stesso? Il nostro senso ben ce lo fa discernere alla sicura da qualsivoglia altro agente ponderabile od imponderabile; ned evvi alcuno sì idiota che confonda la sensazione del caldo colla sua *cagione;* questa cagione, qualunque ella si sia, è quella che denominiamo calorico o calore.

Egli fa d' uopo guardarsi però da un errore facile ad incorrere, ed in cui sono realmente caduti gli antichi filosofi, cioè di credere che come è assai diversa la sensazione del caldo, da quella del freddo, così siavi una distinta sostanza che produca il freddo. Musschembroek opinava che dai corpi freddi emanassero di continuo delle particelle frigide ch' egli chiamava corpuscoli frigorifici. La maniera con cui a' nostri giorni i fisici spiegano e

qnalificano il fenomeno del freddo è più semplice e più probabile. Ammettesi ora che il freddo non consiste in altro che nella privazione o a dir meglio nella scarsezza del calorico. E invero se lasciamo un ferro rovente esposto all' aria in una giornata di rigido freddo, quel ferro per continui ed insensibili gradi passa dallo stato di incandescenza all' essere sopportabilmente caldo, poi tepido, indi freddo anzi che no, e infine freddissimo. Vorremo noi darci a pensare che in quel momento in cui può dirsi ch' egli incomincia ad essere o a parer freddo cessi di subito dall' emanare gli atomi calorifici, e con un di que' salti di cui non abbiamo esempii in natura ei prenda tosto senza transizione a lanciare fuori di sè i corpuscoli frigorifici? Ben è più naturale il credere che come dapprincipio egli tramandava in gran copia il calorico in lui sovrabbondante, così séguiti pure ad emetterne, benchè meno attivamente, anche quando più non lo vediam rosso, ed a forza di perderne ei divenga troppo povero di calorico, e che in tale povertà consista la sua finale frigidezza. Secondo questo principio anche i più gelidi corpi, come anche il ghiaccio e la neve, contengono tuttavia una certa quantità di calorico. Infatti sonovi de' mezzi naturali ed artificiali di depauperarneli ancora, e renderli con ciò via più freddi.

La cagione interna al corpo dell' esser egli caldo o freddo, ossia dell' avere abbondanza o penuria di calorico, sappiamo essere cosa diversa dalla sensazione nostra del caldo e del freddo: sarebbe non pertanto una legittima curiosità quella di chi cercasse la ragione della differenza di tali sensazioni. Perchè a cagion d' esempio quel ferro cui dianzi abbiam supposto, allorchè era rovente, avrebbe, a toccarlo, cagionato un estremo dolore, una piacevole impressione quand' era tiepido, e ne produrrebbe una opposta alla prima, ma alquanto dolorosa, quando egli si è

fatto freddissimo? Tali spiegazioni di fatti comunissimi sono utili a cercarsi, primieramente perchè le leggi fisiche dalle quali sonosi cavate le spiegazioni, ci rimangono più impresse, ci tornano più spesso alla mente, e ci aiutano a cavarne da noi altre spiegazioni, o delle applicazioni utili nella pratica; poi è una gratissima soddisfazione dello spirito il ritrovamento certo, od ancora probabile soltanto, delle riposte cagioni de' fatti, massimamente di quelli che vengono più di frequente a pungere la nostra curiosità; nè a torto esclamò il maggiore degli antichi poeti italici:

Felix qui potuit rerum cognoscere causas.

Siccome però generalmente ogni cosa è ad un tempo causa ed effetto, trovata che per noi siasi una cagione qualunque, ci sorge nell' anima la voglia d' investigare di che sia effetto essa medesima. Tale è la fortuna e insieme la disgrazia della nostra natura, che agogniam sempre a novelle cognizioni, e tosto che ne siamo in possesso elle ci accendono una sete inestinguibile di conoscer di più. Ma per quanto noi siamo più istrutti degli antichi, per quanto il mondo avvenire possa a giganteschi passi nella carriera delle scienze inoltrarsi, la natura limitata del nostro intelletto farà sì che nell' oceano dello scibile, al di là dello angusto spazio da noi misurato, siavi sempre un orizzonte che ci fugge dinanzi quanto più corriamo verso di esso, una estensione senza confine, ripiena di innumerabili oggetti a noi indistinti, profonda, tenebrosa, formidabile, da confondere e disperare la presuntuosa ambizione di tutto sapere.

Contentandoci perciò di muovere un altro passo nel nostro limitato campo, vediamo se ci vien fatto di trovare una spiegazione delle opposte sensazioni del caldo e del freddo, a forza di studiare e considerare qualche altra legge generale del calorico. Un' altra general legge

del calorico si è che egli dilata i corpi allargandone i pori. Quanto maggior quantità di calorico entra in un corpo, questo prende tanto maggior volume, insino a che la forza espansiva del calore si bilanci colla opposta forza che tende a ravvicinarne le molecole; la qual forza opposta è nei solidi l' attrazione molecolare o la coesione, nei liquidi poi e nei fluidi aeriformi il loro proprio peso, ovvero la pressione esterna. Ond' è che se un corpo perde una porzione del suo calore, tosto si restringono i suoi pori, e perciò egli scema di volume totale, perchè il calore che rimane non ha vigore di contrastare sino al grado di prima la forza di accostamento. Per citare un solo esempio fra mille che se ne potrebbero addurre, si è sperimentato che una palla di ferro la quale passava esattamente per un anello, non vi passa più, se ella si riscalda al fuoco; ma quando essa si lascia raffreddare naturalmente, diviene atta a passarvi di nuovo, e più comodamente ancora, se con qualche artifizio la palla sia portata a straordinario raffreddamento. Siffatta dilatazione o restringimento a seconda dell' aumento o diminuzione del calorico è meno sensibile ne' solidi corpi che nei liquidi, e lo è molto più ne' fluidi aeriformi. Pure negli stessi solidi la dilatazione prodotta dal calore può originare degli effetti sorprendenti: nelle strade ferrate bisogna lasciare dei piccoli intervalli fra le spranghe che compongono le rotaie; se no la dilatazione per l'effetto del sole estivo, che in ciascun pezzo riesce piccolissima, nella totalità della linea produrrebbe un allungamento di molti piedi, che scompaginerebbe tutto il lavoro. E ancor la dilatatazione di piccioli corpi può aver effetti degnissimi di essere avvertiti. Chi non sa che in estate gli orologi ritardano e nell' inverno van presto? Chi non sa ancora che quelli da tasca durante l' inverno tardano meno se si portano addosso, di quello che tenendoli lon-

tani dal calore della persona? La cagione si è perchè i pendoli che regolano il moto degli orologi a peso, e il bilanciere che regola quel degli oriuoli portàtili, si allungano pel caldo e si ritirano pel freddo: ora il pendolo, ed egualmente il bilanciere, quanto più è lungo tanto maggior tempo ci mette a fare la sua oscillazione, e così fa camminar più adagio la lancetta de' minuti o de' secondi, la quale muovesi sempre di un egual passo ad ogni oscillazione del pendolo o del bilanciere. Perciò nell' estate fa di mestieri alzar un poco la medaglia del pendolo, onde con questo artificiale accorciamento compensare l'allungamento prodotto dal calore della stagione; e viceversa, di mano in mano che l'aria viene più fredda bisogna un poco abbassare la medaglia; un effetto corrispondente si ottiene negli oriuoli da saccoccia col girare il registro ora in un senso ora nell' altro. Sonvi però certi orologi detti a *compensazione*, ove siffatta correzione è operata naturalmente in virtù dell' ingegnoso modo con cui sono costrutti; perchè il pendolo o il bilanciere è composto di due metalli inegualmente dilatatabili; dalla quale ineguaglianza e dal modo con cui sono disposti procede che mentre l' uno allontana il centro d' oscillazione, l' altro lo riavvicina di altrettanto.

Discendiamo ora a spiegare il motivo pel quale i corpi ci fan provare delle sensazioni differenti secondo il diverso grado del loro riscaldamento. Allorchè incautamente io mi accosto di troppo ad un ferro rovente, e peggio se lo tocco, egli, per raggiamento nel primo caso, per contatto nel secondo, mi comunica d' improvviso una enorme quantità di calorico, la quale violentemente dilata i pori della mano, o d' altra parte del mio corpo cui io appressi: molto maggiormente dilata i gas che si alloggiano fra quei pori, e non solo dilata, ma vaporizza ancora i liquidi: avvi egli da stupire se da questi

moti violenti, quasi da tante minutissime ed acutissime zeppe a modo di dire conficcate entro que' pori, ne risulta una sensazione dolorosa, od anche il disorganizzamento della parte? Per converso quando il ferro o altro corpo è freddo all' eccesso, la mia mano che lo tocca, dalla legge d' equilibrio è costretta abbandonargli una gran quantità del suo calore; e subito ella deve provare un serramento di pori, che per essere contro alle nostre abitudini ed a' nostri bisogni, e per la sua violenza, non può a meno di non recarmi pena. Nella zona gelata, se si tocca a nudo un ferro nel più crudo del verno, provasi un effetto molto simile, e quasi egualmente funesto di quello che ha luogo al contatto di un corpo arroventato. Ma allorquando il nostro corpo per troppo freddo, ossia povertà di calorico, trovasi già in istato di eccessivo e penoso constipamento di pori, l' accostarci con temperamento conveniente ad un corpo caldo che redintegrandoci il perduto calore, dolcemente ritorni i nostri pori a quel grado naturale di allargamento cui la natura richiede, ossia riaccostando la troppo debole forza repulsiva all' eguaglianza colla forza attrattiva, riconduca le molecole e gli atomi alle loro più naturali distanze reciproche, non può a meno di non procurarci, come avviene di fatto, una piacevole sensazione.

I corpi che noi tocchiamo, il più delle volte ci producono la sensazione del freddo, perchè sono quasi tutti ad una temperatura incirca eguale a quella dell' aria, mentre il nostro corpo è a temperatura più alta, quindi ci rubano del calorico. E tanto più rapida è questa sottrazione, e perciò tanto più ci appariscono freddi, quanto più la loro superficie è levigata, perciocchè quando eglino son ruvidi e scabri la nostra mano toccandoli non viene a contatto che di pochi punti nelle parti più prominenti.

Ma la quantità di calore cui in un dato tempo ci

danno o tolgono i corpi più o meno caldi del nostro, dipende anche dalla loro conducibilità, cioè dalla maggiore o minor facilità e prontezza con cui trasportano il calorico attraverso alla loro massa. I migliori conduttori del calorico sono i metalli; e fra essi i due migliori in questo senso sono l'oro e l'argento, con piccola differenza: poco di sotto ad essi nella facoltà conduttrice sta il rame; notabilmente meno conduttori sono il ferro e lo stagno; molti al certo avranno osservato come il manico di un cucchiaio d'argento immerso in parte in un liquido bollente scotti più facilmente la mano di quello che un cucchiaio di ferro o di stagno in eguali circostanze. Ancor meno conduttore dello stagno è il piombo. E tuttavia questo supera di gran lunga in tale facoltà i corpi non metallici, come il marmo, la porcellana, i mattoni. Il legno è sì cattivo conduttor del calorico, che si può impunemente tenere in mano un pezzo di legno che abbruci a poche dita più in là. Ora di due oggetti di diversa conducibilità, ancorchè sieno ad una stessa temperatura fra loro, purchè inferiore a quella del nostro corpo, quello che è miglior conduttore ci apparisce più freddo; perciocchè il calore cui toglie alla nostra mano ei lo comunica subito al resto della sua propria massa, mentre la parte cui tocchiamo di un cattivo conduttore, non trasportando che assai lentamente il calore al resto della massa del suo corpo, fa presto a divenir calda, e perciò meno atta ad assorbir nuovo calorico dalla mano. Perciò le vesti si fanno generalmente di materie cattive conduttrici, come la lana, il cotone, la seta.

Per lungo tempo, cioè sino al principio del decimosettimo secolo, gli uomini non hanno avuto altra misura del calorico fuorchè le loro sensazioni. Ognuno però di leggieri comprende quanto sia imperfetto un tal genere di misura; poichè non solo è impossibile saper assegnare i

gradi stessi della intensità della sensazione, ma una medesima temperatura può dar luogo a sensazioni differentissime non solo a tenore della diversa conformazione della superficie e della conducibilità de' corpi esterni, come si è visto, ma eziandio secondo lo stato degli organi nostri. Sieno tre vasi pieni d'acqua, qui tiepida, colà calda, e costì fredda. Tengasi per qualche tempo l'una mano entro il vaso dell'acqua calda, e l'altra nel vaso della fredda, poi si passino tutte e due le mani nel vaso della tepida: accadrà questo curioso effetto che quella medesima acqua tiepida parrà calda ad una mano, e fredda a quell'altra; e ciò perchè la mano che dianzi avea fatto provvigione di molto calorico dall'acqua calda, ora è forzata per equilibrio di temperatura a cederne una parte all'acqua tiepida in cui è tuffata, e così i pori di questa mano si restringono, ciò che partorisce la sensazione del freddo: il rovescio dee accadere all'altro mano, che dal precedente bagno porta una temperatura inferiore a quella del liquido ove ora è immersa.

La maggiore o minor sensazione di caldo o freddo dipende in primo luogo dalla temperatura dell'aria. Il nostro sangue, e tutto l'interno del nostro corpo, suol avere la temperatura di 39° centesimali, o 29 ottantigradi: basta che questa temperatura interna del corpo varii di pochissimi gradi, in più od in meno, per renderci infermi od ucciderci. La superficie esterna però del nostro corpo ha bisogno di una temperatura alquanto più bassa, probabilmente perchè una temperatura esterna eguale o superiore a quella del sangue attiverebbe in eccesso l'evaporazione o perspirazione. Abbiam dunque bisogno di dar sempre una certa quantità del nostro calorico all'aria ambiente, ma dentro a certi limiti, quindi abbiam bisogno che la di lei temperatura sia di sotto da quella del sangue. La quantità di calore cui l'aria sottrae alla nostra

epidermide ignuda in un dato tempo è proporzionale alla differenza della temperatura del sangue dalla temperatura dell' aria. Se questa differenza è troppo piccola, noi affrettiamo la dispersione del nostro calorico sovrabbondante colla ventilazione, purchè l' aria non sia più calda di noi, nel qual caso, fortunatamente rarissimo, il vento ci riscalda, invece di raffreddarci. Se l' aria è troppo fredda, noi rallentiamo la perdita del nostro calor naturale colle vesti: le quali perciò devono avere una grossezza complessiva, proporzionale incirca alla differenza delle due temperature. Quando la sottrazione del nostro calore, sempre necessaria, è troppo lenta, noi proviamo l' incomoda sensazione del caldo; quando ella è troppo rapida noi proviamo l' incomoda sensazione del freddo.

La rapidità maggiore o minore della dispersione del nostro calor naturale, e quindi la sensazione del caldo e del freddo, dipendono altresì dallo stato igrometrico dell' aria. Imperciocchè quando l' aria è umida, la perspirazione della nostra cute, è più pigra. Ora l' evaporazione assorbe calorico: ond' è che quando spira l' umido vento sciroccale, noi proviamo un senso di malessere, e l' aria ci sembra più calda di quello che veramente ella è.

Aggiungo infine, per compimento, ciò che ognuno ben comprende da sè, che la sensazione del caldo e del freddo dipende ancora moltissimo dalla maggiore o minor sensibilità individuale.

Ma i Fisici han saputo ritrovare a misurazione del calorico un mezzo che si appella il *termòmetro*, di molto maggior precisióne che la sensazione della nostra epidermide. La prima invenzione da molti ne è stata attribuita all' olandese Drebbel: da altri al Santorio, l' illustre scopritore della traspirazione cutanea: sembra per altro che il primo di tutti a concepirne il pensiero e ad eseguirlo

fosse il Galilei. Dipoi l' istrumento ebbe successivi perfezionamenti dagli Accademici del Cimento, da Newton, da Réaumur, da Déluc, e a' giorni nostri dal Bellani. Il termometro universalmente usato è un tubo capillare di vetro, poco più lungo di una spanna, che termina inferiormente in una pallina piena di mercurio, o ancora di alcool colorato, e di sopra è chiuso *ermeticamente.* (*)

Del pari che nel barometro il tubo è sostenuto da una assicella verticale in cui è segnata la scala. Ecco come se ne effettua la graduazione: s' immerge la pallina del termometro nella neve che incomincia a sciogliersi; dopo un poco si osserva dove arriva il liquido entro il tubo, e di rincontro si fa un segno trasversale nella tavoletta, accanto al quale si scrive uno zero, o anche la parola *ghiaccio:* dipoi se il liquido termometrico è il mercurio s' immerge il tubo nell' acqua bollente; il mercurio allora ascende molto più alto entro il tubo a cagione della dilatazione cui subisce per virtù del calorico; presso al punto dove si ferma allora il mercurio scrivesi *acqua bollente,* ed il numero 100, ovvero 80, secondo che si vuol fare un termometro *centigrado,* che è il più usato dai Fisici, ovvero l' *ottantìgrado*, detto ancora di Réaumur, che è il più comune negli usi domestici e nelle arti in Francia, in Italia, ed in Ispagna. Nel primo caso la distanza dal segno del gelo a quel dell' acqua bollente si divide in cento parti eguali; in ottanta parti eguali nel secondo caso; nell' uno e nell' altro caso,

---

(1) *Chiudere ermeticamente*, espressione che spesso adoperasi per metafora o per esagerazione in parlari non iscientifici, propriamente vuol dire chiudere un' apertura in un vaso di vetro, ammollendo colla fiamma della lucerna i labbri della stessa apertura e riunendoli.

ciascuna di queste eguali parti si chiama un *grado*; la scala prolungasi al di sotto dello zero con gradi di ugual lunghezza. Questi gradi sotto lo zero sono detti volgarmente gradi di freddo, ed i fisici li chiamano gradi negativi, indicandoli nella scrittura col segno —, che come sapete, si legge *meno*, mentre i gradi sopra lo zero, si chiamano positivi, e vengono indicati col segno +, che leggesi *più*.

Molte precauzioni si richieggono a costruir un perfetto termometro, che qui non sarebbe luogo di esporre. In quello ad alcool si fissa lo zero immergendolo similmente nel ghiaccio o nella neve che stiano liquefacendosi: ma i gradi sopra e sotto lo zero si determinano confrontandolo a varie temperature con un termometro a mercurio che è il più regolare; perchè ad una temperatura inferiore a quella dell' acqua bollente, cioè a + 63° R. (leggi: 63 *gradi Réamur*) eguali a 79° C. (79 centigradi) incirca, lo spirito di vino incomincia a bollire; ed oltre a ciò le sue dilatazioni non sono esattamente proporzionali a quelle del mercurio; però fissati alquanti punti della scala col confronto del termometro a mercurio, i punti intermedii si possono con sufficiente esattezza determinare mediante una divisione in parti eguali.

Vediamo con qualche esempio come il termometro serva a trovare la temperatura dei corpi, e principalmente dell' aria. Se voi terrete un poco la mano sopra la pallina di un termometro qualunque, vedrete tosto la piccola colonna liquida innalzarsi entro al tubo. Ben facile è assegnare la cagione ed il significato di questo fenomeno semplicissimo. La cagione è che una parte del calorico della mano si comunica al liquido, di lei più freddo, contenuto nella pallina, e lo dilata; egli pertanto non potendo più trovarvi sufficiente capacità è necessitato ad uscirne in parte, sollevandosi su per lo canaletto

del tubo sovrapposto alla palla; il qual canaletto è così sottile appunto perchè una piccolissima porzione di liquido che esca dalla pallina basti a farlo innalzare entro il tubo per un tratto discernibile all' occhio. Il significato poi, ossia l' indicazione che da questo fenomeno si ritrae, si è che la temperatura della vostra mano è più alta di quella cui avea dapprima il liquido termometrico.

Ciò non basta ancora per determinare con precisione la temperatura della vostra mano, perchè voi non toccate la pallina del termometro che da una parte: dall' altra parte ella è soggetta all' influenza della temperatura dell' aria. Ma se staccando il vetro dalla tavoletta altri terrà per qualche tempo abbracciata colla mano la palla del termometro, o se la metterà in bocca, od in seno, vedrà sempre più allungarsi la colonna liquida termometrica, sinchè si fermerà incirca a trenta gradi Réaumur. Questo fatto mostra che la temperatura in generale del nostro corpo è un poco più di trenta ottantigradi. È cosa da recar non lieve stupore che tale temperatura del nostro corpo sia costante, salve piccolissime differenze, in tutte le stagioni. Un' altra cosa che fa ancora maravigliare, come quella che è contraria al comune concetto, si è che le osservazioni termometriche dimostrano che i vecchi invece di essere più freddi che i giovani, hanno una temperatura alquanto superiore, benchè invero di poco, cioè di una piccola frazione di grado. I bambini l' hanno inferiore di uno o due gradi a quella de' giovani.

Rimosso da voi il termometro, se lo sospenderete in aria, lontano da altri corpi notabilmente più freddi o più caldi dell' aria, osserverete che a poco a poco la sua colonna liquida si abbassa, donde rileverete ch' egli viene perdendo una parte del calore cui dal vostro corpo assorbì. E dove va egli ora questo calorico? Si disperde nell' aria; dunque quest' aria ha una temperatura infe-

riore a quella che nel momento appartiene al termometro; quando la sua colonna ha cessato di abbassarsi, è segno che il termometro non dà più del suo calorico, e che egli perciò si è posto alla medesima temperatura dell'aria. Se questa temperatura dell' aria viene ad elevarsi o ad abbassarsi, tosto l' aria dona o toglie del calore al termometro, e lo fa salire o discendere, sinchè l'aria ed il termometro si sieno posti in equilibrio. Così il termometro serve a giudicare la temperatura dell'aria del luogo; è anzi questo il più importante fra gli uffici di tale strumento.

LEZIONE VENTESIMATERZA

Fisica — *(Parte Terza)*

ELETTRICITÀ e MAGNETISMO

Dopo aver parlato del calorico più brevemente che la materia non richiederebbe, e più a lungo forse di quanto la ristrettezza dello spazio assegnatomi e l' abbondanza delle altre materie concederebbe, mi tocca ora di fare almeno qualche rapido cenno di quegli altri tre stupendi agenti imponderabili, l' elettricità, il magnetismo, e la luce.

Prendete un bastoncello di cera-lacca, o cera di Spagna, miscuglio di sostanze resinose, per lo più colorito in rosso, di cui ci serviamo per sigillare le lettere. Dopo averlo con una mano confricato rapidamente sulla manica di lana dell' altro braccio, accostate il bastoncello a dei corpiccioli leggeri, come per esempio a dei minuzzoli di carta: vedrete che questi ne sono attirati, alla guisa della limatura di ferro attratta da una calamita. La medesima esperienza riesce bene, o meglio

ancora, con un' altra sostanza di natura resinosa, ma più bella e più rara, e perciò più preziosa, cioè l' ambra, il cui nome greco è *electron.* Da questa parola deriva il nome scientifico moderno di elettricità. Potete ottenere lo stesso effetto anche con del vetro, per esempio strofinando rapidamente sul panno un bicchiere ben asciutto: vedrete che ancor esso attrae i minuzzoli di carta e la polvere. Giova che sappiate subito la ragione per cui il bicchiere dovrebbe essere asciutto; egli è perchè l' umidità disperde l'elettricità, e quindi è contraria al buon esito delle esperienze elettriche.

Due corpi diversi, toccati successivamente col vetro confricato, sono attratti dal vetro stesso; ma distaccati dal vetro si respingono fra loro. Due corpi diversi toccati dalla cera-lacca od altro corpo resinoso, sono attratti da questo, ma si respingono fra loro, in modo simile a quello del caso precedente: ma se voi toccate un corpo col vetro strofinato, poi un altro corpo colla resina strofinata, questi due corpi invece di respingersi come nei due casi precedenti, si attraggono fra loro. Di qui si è creduto di poter dedurre che vi sono due diversi fluidi elettrici, od almeno due nettamente diverse manifestazioni dell' imponderabile e misterioso agente chiamato l' elettrico; ad uno di questi due diversi fluidi, o diverse manifestazioni dell' agente elettrico, si è dato il nome di *elettricità vitrea,* perchè appunto ha luogo più comunemente col vetro strofinato; all' altro si è dato il nome di *elettricità resinosa,* perchè ha luogo principalmente nei corpi resinosi confricati, e nei corpi da essi toccati, quando si mettono in presenza dei corpi elettrizzati pel contatto col vetro. Evvi un' ipotesi, probabile a parer mio benchè non abbastanza dimostrata, che le due pretese elettricità opposte, non sieno che una sola e medesima elettricità, in un grado superiore alla media nei

fenomeni di elettricità vitrea, ed in un grado inferiore alla media nei fenomeni di elettricita resinosa; laonde l'elettricità vitrea si chiama ancora elettricità *positiva;* e l' elettricità resinosa si chiama ancora elettricità *negativa;* la prima, per analogia colle quantità additive e sotrattive dell' Algebra si indica ancora colla parola *più*, o col segno +, e l' altro colla parola *meno*, o col segno —.

Le piccole esperienze da me dianzi descritte pongono in chiaro la notabilissima e generale legge dei fenomeni elettrici, espressa concisamente con queste parole: *le elettricità di egual nome si respingono, quelle di nome contrario* si attraggono. Il saggio delle diverse elettricità si fa in maniera comodissima mediante il *pendolo elettrico*, consistente in uu filo di seta, da cui pende una pallottola di midolla di sughero, il più leggero di tutti i corpi solidi.

Il vetro elettrizzato strofinandolo con una stoffa di lana, se si accosta alla pallottola l' attrae a sè, ed in breve le comunica l' elettricità positiva, o vitrea: ma, poco dopo, la pallottola se ne stacca; e se a lei si accosta di nuovo il vetro elettrizzato, invece di attrarre la pallottolina, egli la respinge. A questa pallina, cosi carica di elettricità positiva, accostate ora un altro corpo carico di elettricità ignota. S' egli attrae la pallina, è segno che l' elettricità del nuovo corpo è negativa, ma se respinge la pallina, è segno che il nuovo corpo è *elettrizzato in più;* o, se preferite quest' altra locuzione, egli è carico di elettricità vitrea.

L' elettricità acquistata da un corpo sfregato non dipende soltanto dalla natura del corpo stesso, ma ancora dalla natura del corpo sfregante: così la seta strofinata colla resina prende l' elettricità resinosa, ma strofinata col vetro prende l' elettricità vitrea. Il corpo sfregante ed il corpo sfregato acquistano sempre elettricità opposte: uno si elettrizza sempre in più, l' altro in meno.

Ma perchè le esperienze elettriche riescano, fa di mestieri che i corpi sieno *isolati*, cioè che fra essi e gli altri corpi sieno interposte delle sostanze cattive conduttrici dell' elettricità. Imperciocchè come vi sono i corpi buoni e cattivi conduttori del calorico, così vi sono pure i buoni e cattivi conduttori elettrici. I migliori conduttori del calorico sono i metalli, ed in primo luogo l'oro, l'argento, ed il rame; i peggiori conduttori del calorico sono il carbone, il legno, le stoffe di lana e di cotone, ed in generale i corpi ridotti in filamenti o particelle piccolissime, come la piuma, la sabbia, la cenere. I metalli sono ancora i migliori conduttori dell' elettricità; ma il carbone, che è un cattivo conduttore del calorico, è buon conduttore dell' elettricità. Il vetro, la resina, lo zolfo, la seta sono cattivi conduttori dell' elettricità. La terra essendo composta in generale di corpi discretamente buoni conduttori, disperde prontamente l' elettricità dei corpi posti in comunicazione con essa, coll' intervento di altri buoni conduttori; ond' è che la terra si chiama, nel linguaggio della scienza dell' elettricità, il serbatoio comune.

I varii casi di elettricità da me addotti sin qui in esempio appartengono a ciò che si chiama l' elettricità statica: avvi ancora un altro ramo importantissimo di elettricità, che si chiama *dinamica*, perchè, fra le sue importanti applicazioni, vi è quella di mettere in movimento i corpi con molto maggior efficacia di quella che può ottenersi dall' elettricità ordinaria, o per fregamento. L' elettricità dinamica si sviluppa per la mutua azione chimica di due corpi posti a contatto. La prima scoperta dell' elettricità dinamica fu fatto dal fisico Bolognese Luigi Galvani nel 1789 dall' improvviso agitarsi di una rana morta e scorticata, sospesa con un uncino di rame presso un balcone di ferro. Egli diede una spiegazione erronea di questo fatto, attribuendolo esclusivamente al-

l' elettricità animale: ma la sua scoperta, non interamente casuale, diede origine ad un'altra delle più grandi, forse la più grande scoperta fisica dei tempi moderni, la pila di Volta. Volta sostituì all' uncino di rame della esperienza galvanica un piccolo disco dello stesso metallo: al ferro del balcone un altro egual disco di zinco, ed alla rana una rotella di panno o di cotone, imbevuta di acqua salata o acidulata, essendo la rotella interposta fra i due dischi. Egli si assicurò che il disco di zinco si caricava di elettricità positiva, ed il disco di rame si caricava di elettricità negativa. Il disequilibrio delle due contrarie elettricità diviene tanto più forte saldando un disco di rame ad uno di zinco, e sovrapponendo molte di tali coppie, sempre nello stesso ordine, e con interposizione, fra una ed altra coppia, di una rotella intinta in una soluzione di acido. Dalla forma di colonna, cui in origine ebbe lo strumento per la sovrapposizione dei dischi, nacque il nome, cui sempre conserva, di *pila*, poichè tale parola in latino significa appunto colonna. Più tardi però dallo stesso Volta e dagli altri fisici lo strumento ebbe altre forme meno eleganti, ma più convenienti allo effetto pratico. L' estremità zinco della pila, o quella che è di preferenza attaccata dall' acido, ed è pur quella dove si manifesta nella sua maggior energia l' elettricità *positiva*, si chiama il *polo positivo* della pila; l' estremità opposta, che termina col rame, o con altra sostanza meno dello zinco o niente affatto esposta ad esser corrosa dall' acido, come il platino nella pila di Grove, od il carbone nella pila di Bunsen, si chiama *il polo negativo.*

Nell' *interno* della batteria o pila, l' elettricità va dal polo negativo al positivo, ossia dal rame allo zinco, o alla sostanza che ne fa le veci: ma *fuori* della batteria, se con un filo metallico o con altro mezzo che sia un buon conduttore, si fanno comunicare i due poli, la

elettricità positiva ritorna dallo zinco al rame, ossia dal polo positivo al negativo, e si forma una continua *corrente elettrica*. .

La pila di Volta, ossia l' elettricità che se ne svolge, detta perciò ancora elettricità Voltaica, o Galvanica, ha delle applicazioni fisiologiche, come le scosse date agli animali viventi, o di recente morti, ciò che fu la prima origine della scoperta dell' elettricità dinamica. La pila ha delle applicazioni fisiche, principalmente calorifiche e luminose; la più viva luce artificiale, è detta luce elettrica, e si ottiene con una pila di un gran numero di elementi di grande superficie. La *luce elettrica* prende una singolar forma di arco, chiamato l' arco Voltaico, fra le punte di due pezzi conici di carbone, posti vicini uno all' altro, e ciascuno dei quali, per mezzo di un filo metallico, comunica con un polo della pila.

Le applicazioni meccaniche della pila dipendono dall' effetto delle correnti voltaiche sul ferro, in guisa da trasformare questo ferro in calamita temporanea. Se un sottil filo di rame, coperto di seta, avvolgendosi a molte spire sulle due estremità di un ferro dolce, o puro, piegato a ferro da cavallo, vien messo in comunicazione ad ambedue le sue estremità coi due poli di una pila, ossia vien *chiuso il circuito*, si forma all' istante la corrente elettrica. L' elettricità esce dal polo positivo, percorre rapidamente tutte le spire attorno al ferro da cavallo, va al polo negativo della pila; dentro alla pila torna al polo positivo, e di là all' elice, o spirale. Il ferro da cavallo che ne è circondato diventa una calamita, ed attrae a sè un altro ferro trattenuto da una molla. Se si interrompe la comunicazione del filo con uno dei due poli, il circuito è aperto, la corrente cessa all' istante, e con lei la virtù magnetica del ferro dolce. Quell' altro ferro che verso di lui era stato attratto, vien ritirato indietro dalla molla.

Aprendo e chiudendo alternativamente il circuito, si può continuare il giuoco della molla a piacimento.

Con questo mezzo si potrebbe dar moto ad una macchina qualunque, ad un opificio, ad un bastimento: ma il consumo dello zinco e dell'acido, costa enormemente più che il carbon fossile necessario per ottenere un eguale risultato meccanico con una macchina a vapore. Tuttavia è basata sulle proprietà meccaniche della pila di Volta la mirabile invenzione del telegrafo elettrico, detto ancora telegrafo elettro-magnetico.

Da lungo tempo si era pensato e tentato di fare del fluido elettrico, di cui la straordinaria velocità era nota, un messaggero dei pensieri umani. Ma l'elettricità statica, cioè quella che si svolge dai corpi strofinati, la sola che fosse nota prima delle scoperte di Galvani e di Volta, facilissimamente si disperde a cagione della sua tensione, e perchè scorre semplicemente sulla superficie dei corpi: laonde non eravi modo di farla giungere con sufficiente forza all'estremità di una lunghissima linea.

Diverso è il caso per l'elettricità Galvanica o Voltaica, la quale scorre per entro alla sostanza dei corpi, e per la sua energica facoltà motrice si chiama elettrodinamica. Nel 1820 il fisico Danese Oersted scoperse che le correnti elettriche della pila di Volta son valevoli a far deviare l'ago calamitato dalla sua posizione naturale. Nello stesso anno il fisico ed astronomo Francese Arago scoperse l'altro fatto fondamentale, già accennato, che l'elettricità Galvanica, circolando attorno ad una sbarra di ferro puro, per mezzo di un filo circonvolto alla sbarra, la rende magnetica, cioè atta ad attrarre il ferro; e ciò con tanto maggior forza quanto maggiore è il numero delle circonvoluzioni del filo attorno alla sbarra. Ma la forza attrattiva di questa sbarra cessa all'istante in cui viene a cessare l'azione della corrente elettrica:

onde questo apparecchio, molto appropriatamente, porta il nome di calamita temporanea.

Il telegrafo elettrico riposa essenzialmente sopra questa proprietà delle calamite temporanee. Samuele Morse, Americano, è l' inventore della special forma di telegrafo elettrico che è ora più comunemente usata in America ed in Enropa. Soggiungo in poche parole una descrizione dell' apparecchio di Morse.

Un filo metallico, per lo più sostenuto da pali, congiunge le diverse stazioni elettriche. Una vasta rete di fili telegrafici percorre tutta l' Europa, e, per mezzo di fili sottomarini, le stazioni Europee sono legate alle non meno numerose stazioni Americane, e ben anche a quelle, in numero minore, ma sempre crescente, delle altre tre parti del mondo. A rigore basterebbe un solo filo per congiungere una stazione ad un' altra. Se vediamo, principalmente lungo le ferrovie, molti fili separati e paralelli, sostenuti dai medesimi pali, egli è perchè si vogliono, con quei diversi fili, trasmettere altrettanti dispacci ad un medesimo tempo.

Si credeva che per formare il circuito elettrico fra due stazioni fossero indispensabili due fili: ma Morse sagacemente riflettè che si può ottenere, con grande semplificazione di mezzi, lo stesso intento sostituendo al secondo filo la terra. È importante il comprendere come ciò avvenga. Suppongo di avere qui in Bologna una pila, e di volere, per mezzo di essa, mandare la corrente elettrica a Roma. Io metto il polo positivo della mia pila in comunicazione col filo metallico che va a Roma. Tosto una certa quantità di fluido elettrico si slancia dalla mia pila, e corre rapidissimamente pel canale del filo metallico sino a Roma, ma se ivi non è qualche cosa che scarichi questa mia elettricità di mano in mano che ella arriva, essa saturerà prontamente il filo, e cesserà di

scorrere. A Roma possono rendere attiva la mia corrente in due modi. Primieramente facendola passare ad un secondo filo metallico che di là venga a Bologna, purchè io al medesimo tempo metta l' estremità di questo secondo filo in comunicazione col polo negativo della mia pila. Allora si verifica questo bel fenomeno, che la reciproca azione chimica degli acidi e dei metalli della mia pila tira dell'elettricità positiva dal suo polo negativo al positivo, spinge fuori questa elettricità dal polo positivo, la incalza di continuo lungo il primo filo sino a Roma; da Roma questa medesima elettricità, non trovando altro sfogo, ed incalzata a tergo da sempre nuova elettricità dello stesso nome, e perciò a lei ripulsiva, è costretta a ritornare pel secondo filo a Bologna: qui ella rientra nella mia pila pel polo negativo, il quale è sempre depauperato di elettricità, e perciò sempre avido di essa, in forza dell' interno lavorìo chimico della pila; e così la stessa elettricità dovrà sboccare di nuovo dal polo positivo, correre a Roma, di là ancora a Bologna; ed essa continuerà a correre e ricorrere rapidissimamente questa via, finchè il circuito non sia esternamente interrotto, o non cessi la reciproca azione degli acidi e dei metalli nello interno della pila.

Sopprimete ora il secondo filo, ma mettete l' estremità Romana dell' unico filo in comunicazione col serbatoio comune, voglio dire colla terra. Io qui porrò la estremità Bolognese del filo stesso in comunicazione col polo positivo della mia pila. Ecco tosto il maraviglioso fluido correre, pel filo, da Bologna a Roma. Se là questo filo comunicasse soltanto con un piccolo corpo isolato, l' elettricità che arriva da Bologna lo satollerebbe in pochi istanti: ma essa non potrà già satollare l' immenso serbatoio terrestre: di mano in mano che la mia pila manda a Roma il fluido elettrico, la terra lo assorbe e

disperde, ed è sempre pronta a riceverne dell' altro ancora; con una condizione però, cioè che al medesimo tempo io, qui a Bologna, faccia comunicare la terra stessa col polo negativo della mia pila: altrimenti questo polo, spogliato in breve di tutta la sua elettricità, non ne potrebbe più prestare al polo positivo che la manda a Roma. Ma quando vi è comunicazione colla terra ad ambedue le estremità della linea, il polo negativo della mia pila qui nella stazione di partenza, tira su dell' elettricità dalla terra, la spinge al polo positivo della pila: questo polo positivo la manda pel filo alla stazione di arrivo, ed ivi la terra la scarica di mano in mano che essa giunge, e mantiene il filo in istato di trasmetterne sempre della nuova.

Un effetto equivalente, se non identico, avrebbe luogo se io rovesciassi la posizione dei poli della mia pila, e facessi comunicare il negativo con Roma, ed il positivo colla terra. Allora l' azione interna della mia pila a Bologna farebbe venir su l' elettricità positiva dalla terra in Roma, indi pel filo tirerebbe continuamente questa elettricità a Bologna, facendola entrare pel polo negativo della pila: il polo positivo la ricaccerebbe giù in terra; prevenendo così l' ingorgo o saturazione dell' apparecchio, e l' elettrico continuerebbe a fluire da Roma a Bologna, come nel precedente caso fluiva da Bologna a Roma. È come se qui a Bologna vi fosse una pompa aspirante e premente di immensa forza, ed un tubo, di eccezionale perfezione, pel quale l' acqua potesse correre da Bologna a Roma, od al contrario. Io potrei colla pompa aspirar l' acqua del Reno, e mandarne quanta si volesse, pel tubo a Roma, a patto però che la bocca del tubo di scarico, là a Roma, non sia turata, e che sia egualmente aperta la bocca del tubo di aspirazione qui in Bologna. Lavorando in senso opposto colla pompa qui in Bologna po-

trei aspirar l'acqua del Tevere a Roma, e farne venire qualsivoglia quantità a Bologna, sempre però a condizione che la bocca di aspirazione a Roma, e quella di scarico a Bologna, restassero aperte.

Ho voluto mettere in chiaro la vera teoria della funzione della terra nel telegrafo elettrico, non ostante la penuria relativa di spazio, che è il mio più molesto affanno, nello scrivere questo libro, ove la vastissima materia richiede che si trattino tante altre, e sì elevate ed ardue quistioni, urtando, quasi ad ogni piè sospinto, contro a delle opinioni false od inesatte, dalle quali mi è necessità lo sgombrare il terreno, per poter utilmente procedere innanzi.

Così stimo che portasse il pregio di fare il sacrifizio di alquante pagine ad una quistione apparentemente di poco rilievo, in paragone ad altre cui abbiam trattato o dobbiam trattare, perchè in realtà importa più di quanto possa parere il confutar l'errore grossolano, che pure è comune a molti fisici altronde ragguardevoli, di credere che la terra faccia letteralmente le funzioni di un secondo filo nella telegrafia; quasi che quell'identica individuale elettricità la quale corse pel filo da una stazione ad un'altra sappia tornar indietro da sè senza alcuna guida, come un colombo ben ammaestrato. Qual è la cagione che la farebbe venir precisamente a Bologna, piuttostochè a Ferrara, od a Firenze, od in tutt'altra direzione, anche diametralmente opposta a quella di Bologna? Nessuna. Il vero si è che l'elettricità assorbita dal serbatoio comune, si disperde in tutte le direzioni, alla superficie della terra, e più ancora nelle di lei viscere, e che ne ritorna bensì una porzione alla stazione di partenza, ma così minima, che ella è praticameate infinitesima, o nulla. E sapete perchè, o miei buoni lettori, io insisto così, a confutare quell'erronea teoria? Non già per la sua di-

retta relazione col telegrafo, ma per la sua indiretta relazione alla teoria generale dell' Universo. È di capitale importanza per me che noi comprendiamo questo: che solo nn essere intelligente, quale si è per esempio un animale, sa correre senza guida una determinata linea: ma un essere o causa cieca, tende generalmente a distribuire con indifferenza la sua azione in tutte le direzioni, e questa azione perde di intensità di mano in mano che ella si viene allontanando dal suo centro; ond'è che per mandarla ad operare con intensa efficacia in un solo e determinato luogo lontano, fa di mestieri che vi sia un filo, o qualche cosa di analogo ad un filo, per condurvela.

Adesso veniamo infine a spiegare più brevemente il resto che ci vuole per comprendere la parte essenziale della grande invenzione del Morse. Suppongo di voler mandare, per l' unico filo di cui abbiamo così a lungo parlato, un dispaccio, o telegramma, da Bologna a Milano. Ogni stazione è fornita della sua pila elettrica, di una calamita temporanea, e di due altri speciali apparecchi metallici, de' quali uno si chiama il manipolatore, l'altro il ricevitore. Io premo col dito il tasto del *manipolatore*, qui nella stazione di Bologna. La parte inferiore del tasto va a toccare un bottone metallico, e così mette in comunicazione la pila di Bologna col filo metallico che va da Bologna a Milano. Tosto l' elettricità esce dal polo positivo della mia pila, ed in molto minor tempo che io nol dico, cioè in una piccolissima frazione di secondo, questa elettricità è già arrivata a Milano, e là fugge via al serbatoio terrestre, lasciando luogo a sempre nuova elettricità di arrivare, finchè la comunicazione è aperta. Ma questa elettricità che io mando da Bologna a Milano, arrivata colà, prima di scolarsi in terra è costretta a percorrere tutte le spire del filo ad elice attorno ad una calamita temporanea, e così rende attiva questa calamita.

Questa calamita, colla sua forza, e mediante un sistema di piccole leve appartenenti al *ricevitore,* spinge contro un nastro di carta una specie di punteruolo ottuso, e vi imprime un segno. Ma io sollevo il dito dal tasto, qui a Bologna: una molla a spirale lo rialza, ed ecco rotto il circuito; ecco che la mia pila non comunica più col filo; non va più alcuna elettricità da Bologna a Milano, non circola più alcuna corrente elettrica attorno a quella calamita temporanea, là a Milano; dunque la calamita milanese cessa d' esser calamita, ridiviene ferro ordinario, e conseguentemente non ha più forza di spingere il punteruolo del ricevitore contro al nastro di carta. Ma intanto questo nastro porta già un primo segno: ed in quel modo che io, sempre stando qui a Bologna, ho fatto quel primo segno laggiù a 216 chilometri di distanza, così ne posso fare altri a mio piacimento. Premo di nuovo il tasto del manipolatore, l' elettricità corre di nuovo da Bologna a Milano, vi rende un' altra volta attiva la calamita temporanea, e questa spinge di nuovo il punteruolo del ricevitore contro al nastro di carta; intanto però un movimento di orologieria, appartenente al ricevitore stesso, ha svolto e fatto camminare il nastro di carta; ed il nuovo segno del punteruolo va ad imprimersi in posizione diversa da quella del primo segno.

E siccome io posso premere il tasto per un tempo più o men lungo, così costringo il punteruolo, che là a Milano fa le veci di penna, o di lapis, ad imprimere un segno più o meno lungo. Il segno breve si chiama punto, il lungo si chiama linea. Ora alle varie successioni e combinazioni di punti e di linee, Morse ha dato il significato convenzionale delle lettere alfabetiche. Il segno più semplice, che è un solo punto (·) esprime quella lettera che ricorre più spesso di tutte le altre in Inglese ed in Italiano, cioè la vocale *e;* con due punti (· ·) si indica

la vocale *i;* con punto e linea (· —) la vocale *a;* con linea e tre punti (— · · ·) la consonante *b;* e via dicendo.

Quando io ho compito, con questo alfabeto convenzionale, il mio dispaccio, il telegrafista Milanese stacca il nostro di carta, ne trascrive il contenuto in caratteri ordinarii, e l'invia all'indirizzo indicato nel dispaccio stesso.

Le applicazioni chimiche della pila voltaica sono ancora più numerose delle altre. Mediante la corrente voltaica si deposita un sottile strato di metalli poco ossidabili, come oro ed argento, sopra altri metalli più ossidabili o meno belli; ciò che si chiama doratura od argentatura galvanica. Il ferro coperto collo stesso mezzo, con uno strato di zinco, il quale è meno soggetto ad ossidarsi o irrugginirsi che non è il ferro, si chiama *ferro galvanizzato.* La Galvanoplastica è l'arte di formare delle medaglie, dei bassorilievi, od anche delle statue, mediante il rame od altro metallo, separato da una soluzione degli stessi metalli, mediante la corrente voltaica. La corrente voltaica è ancora il più potente mezzo di analisi chimica.

Il principio su cui è basata l'analisi chimica per mezzo della pila è il medesimo sopra cui si fondano la doratura galvanica, e la Galvanoplastica. Quando i due *reòfori,* od *elettròdi* (si chiamano così i due fili metallici che comunicano separatamente coi due poli della pila) pescano in una composizione o mescolanza fluida di due diverse sostanze, queste due sostanze si separano, ed una va invariabilmente al polo positivo, e l'altra al polo negativo. L'ossigene si porta sempre verso il polo positivo. Quindi negli ossidi, composti di ossigene e di metallo, il metallo va al polo negativo, mentre l'ossigene va al polo positivo. Se il miscuglio o composto è un sale, cioè l'unione di un acido e di una base, l'acido si reca al polo positivo, mentre la base va al polo negativo. Chiamano corpi elettro-negativi quelli che vanno al polo po-

sitivo, e viceversa: nomenclatura incrociata, capacissima di imbrogliare i principianti: ma è fondata sull'aforismo fisico, che le elettricità di egual nome si respingono, mentre quelle di opposto nome si attraggono.

La proprietà passeggera, cui hanno i corpi diversamente elettrizzati, di attrarsi l'uno coll'altro, risiede permanentemente nella calamita e nel ferro calamitato, per rispetto a qualunque altro pezzo di ferro. La calamita naturale è un ossido di ferro, dal cui nome greco e latino *magnes* deriva la voce scientifica *magnetismo.* Le calamite artificiali sono spranghe od aghi di acciaio, che strofinate con una calamita naturale od artificiale prendono la stessa proprietà di attrarre il ferro, ed anche con maggior forza delle calamite naturali.

Ogni calamita, naturale od artificiale, attira potentemente il ferro ordinario, e ne è attratta: e d'altronde già, come sappiamo, ogni attrazione è reciproca; ogni azione è uguale e contraria alla reazione. La calamita non attrae soltanto il ferro; ella attrae ancora abbastanza sensibilmente, benchè meno del ferro, tre altri metalli, il nichelio, il cobalto, ed il cromio. Anzi attrae o respinge, in maniera non sensibile che coi più delicati istrumenti, tutti gli altri corpi. Quelli che ne sono respinti, invece di esserne attratti, sono stati chiamati diamagnetici. A questa categoria appartengono l'acqua, la cera, lo zolfo, il bismuto, il piombo. Secondo le esperienze di Becquerel l'ossigene è fra tutti i gas quello che è dotato in maggior grado di attrazione magnetica positiva. Egli ne ha circa la trecentesima parte di quella del ferro, ad eguali masse e distanze.

Ogni calamita ha due punti opposti chiamati il polo settentrionale ed il polo australe. In modo analogo a ciò che avviene nell'elettricismo, i poli magnetici di egual nome, in due calamite, si respingono, ed i poli di nome

opposto si attraggono. La Terra intera opera sulla calamita come una grande calamita essa stessa. Perciò sospendendo o sostenendo un ago calamitato in bilico, o ponendolo sopra un piccolo galleggiante, la calamita rivolge costantemente una delle sue estremità, chiamata il suo polo sud, al polo nord della terra, e l'altra estremità al polo sud della Terra. Fortunatamente l'ago calamitato mantiene prossimamente questa direzione in tutte le latitudini, anche passando la linea equinoziale. Avvi però una sensibile deviazione dalla vera linea nord-sud: deviazione che si chiama *declinazione;* ma questa è nota, e non toglie che i naviganti non traggano un preziosissimo vantaggio dalla *bussola*, o scatola dell'ago magnetico.

L'atmosfera terrestre pesa circa sei trilioni di chilogrammi. Se è vero che l'ossigene atmosferico abbia una forza magnetica eguale alla trecentesima parte di un egual peso di ferro, l'ossigene atmosferico attrarrebbe un ago calamitato posto alla superficie esteriore dell'atmosfera come un globo di ferro del peso di ventimila bilioni di chilogrammi concentrico alla terra; e questo attrarrebbe una calamita posta alla superficie della terra come una palla di ferro pesante cinque chilogrammi attira una calamita distante un decimetro dal suo centro; cioè in un modo molto sensibile. Siccome però l'attrazione degli strati sferici, in ragione inversa del quadrato delle distanze, è nulla pei corpi posti all'interno di essi strati, i fenomeni dell'ago magnetico non possono dipendere dalla sola azione dell'atmosfera: perchè, se ciò fosse, i fenomeni magnetici dovrebbero crescere di intensità salendo nell'atmosfera, e questo è il contrario di ciò che accade. Ma siccome d'altra parte vi sono delle variazioni secolari, annue e diurne nei fenomeni magnetici, e siccome è moltissimo inverosimile che le cause delle varia-

zioni annue, e diurne, risiedano nell' interno della terra, così è probabile che la causa principale del magnetismo risieda nella solida massa della terra, ma che le cause principali delle variazioni risiedano nell' atmosfera, dipendentemente dalla azione periodicamente variata del calorico e della luce solare sopra dell' atmosfera stessa.

LEZIONE VENTESIMAQUARTA

Fisica *(Parte Quarta)*

OTTICA

Luce! bellissima fra tutte le cose, ed indispensabile condizione per poter conoscere le altre bellezze dell' Universo! La poesia di Omero e di Dante, il pennello di Raffaello e di Tiziano, sono impotenti a celebrare od esprimere degnamente le tue glorie! La Fisica ha scoperto molto delle tue ammirabili proprietà: la tua vera natura rimane ancora uno dei più profondi misteri.

Io non posso che fugacemente accennare alcune delle più importanti proprietà della luce. Newton ha trovate alcune delle più belle fra questa proprietà, ma egli errò stimando che la luce si diffondesse per emissione, cioè come se dal centro luminoso si slanciassero in tutte le direzioni ed in linea retta innumerevoli e tenuissimi globetti luminosi. Vero è che questa ipotesi è la più facile a comprendersi, e basta a spiegare chiaramente molti fra i fenomeni della luce. Ma non basta a spiegarli tutti. L' ipotesi ora generalmente ammessa dai fisici è quella

delle ondulazioni o vibrazioni dell' etere. È certo che in modo analogo si propaga il suono attraverso all' aria. Mancando l' aria, manca il suono. Così dove non avvi etere, non vi può esser luce.

Le onde sonore e luminose possono paragonarsi alle onde che si propagano concentricamente in uno stagno di acqua, allorchè vi si getta un sasso nel mezzo. Ma in quel modo che le onde sonore sono incomparabilmente più rapide di quelle dell' acqua, così le onde luminose sono incomparabilmente più rapide delle onde sonore. Nella nota più bassa di una canna da organo, l' aria fa 32 vibrazioni al minuto secondo: l' ottava alta ne fa 64 al secondo; l'ottava alta di questa ne fa 128: la quinta di una nota dà tre vibrazioni, mentre la nota bassa ne dà due: e così gli altri accordi presentano dei rapporti semplici nei numeri delle vibrazioni contemporanee, come segue:

Unisono	1 : 1
Ottava	1 : 2
Sesta maggiore	3 : 5
Sesta minore	5 : 8
Quinta	2 : 3
Quarta	3 : 4
Terza maggiore	4 : 5
Terza minore	5 : 6

Gli accordi, o la gradevole *simultaneità* dei suoni, costituiscono l' armonia; la gradevole *successione* dei suoni costituisce la melodia.

Ora, come dalla maggiore o minore rapidità delle vibrazioni dello strumento e dell' aria dipende certamente il *tono* della nota musicale, così è probabile che dalla maggiore o minor rapidità delle vibrazioni dell' etere dipenda la varietà dei colori. Il Fisico bolognese Grimaldi

scoperse nel 1663 il fenomeno della *diffrazione*, cioè della deviazione cui soffre un raggio di luce nel passare in vicinanza di un corpo opaco, e delle frange lucide ed oscure che ne nascono. Le frange alternativamente luminose ed oscure nascono pure dall' incontro, a piccolo angolo, di due raggi o fasci di luce, per un'azione reciproca cui esercitano i due fasci di luce; azione oggi chiamata *interferenza*, e che faceva dire al Grimaldi, inesattamente, che luce aggiunta a luce produce oscurità. Fresnel spiegando il fenomeno colla teoria delle onde luminose, ed appoggiando i suoi calcoli alla diversa larghezza delle frange consecutive, che si manifestano nelle interferenze di diversi colori, ne dedusse la lunghezza delle ondulazioni dell' etere corrispondenti ai diversi colori, e trovò che le ondulazioni più lunghe, quelle del color rosso, sono lunghe 620 millionesimi di millimetro; quelle del color violetto, che sono le più brevi, hanno una lunghezza media di 423 millionesimi di millimetro; quelle del verde, che è il color medio, sono lunghe 512 millionesimi di millimetro. Si sa, con un grado molto maggiore di sicurezza e di probabilità, mediante l'accelerazione od il ritardo delle ecclissi dei satelliti di Giove, e mediante l'aberrazione della luce delle stelle fisse, che la velocità assoluta della luce è prossimamente di 308, 000 chilometri al minuto secondo. Non vi ha alcun dubbio che questa cifra si approssima alla vera velocità della luce: avvi dubbio soltanto sopra il maggiore o minor grado di approssimazione al vero; dipendendo la cifra esatta dalla distanza della Terra dal Sole, circa la quale avvi un'incertezza, o per lo meno una controversia, di circa il 3 per 100. Supposta esatta la precedente cifra di 308, 000 chilometri al secondo, per la velocità assoluta della luce, ed ammesse le basi dell'ingegnoso calcolo di Fresnel, se ne ricava che per formar la uce del color rosso l' etere

vibra quasi cinquecento bilioni (milioni di milioni) di volte in un secondo; e pel raggio violetto più di 728 bilioni di volte al secondo!

Un abile suonatore eseguisce con precisione le crome e biscrome, ossia gli ottavi e sedicesimi di battuta; ben difficilmente sarà irreprensibile pel tempo o pel tono, quando ei pretende eseguire delle fusee, e semifusee, cioè dei trentaduesimi, e sessantaduesimi: ma la luce, o l'etere, non si sbagliano mai, essi, a compiere con esattezza quello spaventevole numero di bilioni di onde che ci vogliono in ogni minuto secondo per dare il rosso, o giallo, o verde, od altro colore! Vi sembra egli che sia fabbricata con poca finezza nelle sue minime parti questa gran macchina che si chiama l'Universo?

Abbiam già trovato dei rapporti fra la luce ed il suono. Un altro rapporto di somiglianza fra questi due fenomeni consiste nella capacità, tanto del suono che della luce, di essere riflessi, facendo l'angolo d'incidenza eguale a quello di riflessione, come una palla di bigliardo che rimbalza dalla sponda. La riflessione del suono si chiama eco. Ogni corpo solido è atto a ripercuotere il suono, e quindi a formar l'eco; ciò non ostante, quando il corpo che ripercuote il suono è a pochi metri di distanza, la voce riflessa si confonde nell'orecchio colla voce diretta. Ma se il muro, od altro ostacolo che vi sta di fronte, è abbastanza lontano, se la vostra voce è abbastanza alta, ed il vostro discorso abbastanza breve, perchè il suono della prima sillaba non abbia fatto il viaggio di andata e ritorno prima che voi abbiate pronunciata l'ultima sillaba, udirete ripetuto distintamente tutto il vostro discorso. Anche quando si conosce la vera cagione dell'eco, esso non lascia di essere nella sua semplicità un assai notabile fatto; pochi altri esercitano sulla mente un sì caro prestigio. L'imaginazione, aiutata ancora dalla soli-

tudine e dalla quiete del luogo, vi figura là in quella rupe remota, in quell' abbandonato palagio, una misteriosa creatura che ha qualche cosa ma non tutto di umano; che sta in attenta ascoltazione delle vostre parole, e che ora è gentile ed amica, e salutata vi risaluta, or vi paga di egual ricambio le minaccie o lo scherno. Certo non è a stupirsi se i Greci poeti finsero intorno a ciò una vaga e pietosa favola, di una ninfa consunta dall'affanno di mal corrisposto amore, e dagli Dei trasformata in questo fenomeno acustico, il quale della sventurata fanciulla tiene tuttora il nome.

La luce riflettuta dagli specchi piani produce un' illusione anche più piena ed ammirabile, poichè l' imagine imita fedelissimamente la grandezza, la forma, il colore e persino i movimenti degli oggetti. Gli specchi concavi producono un' imagine ingrandita; gli specchi convessi producono un' imagine impicciolita.

Ma la luce è ancora capace di *rifrazione*, la quale consiste nella deviazione sofferta dal raggio luminoso nel passare obliquamente da un mezzo trasparente ad un altro. La rifrazione ha luogo anche pel suono, ma nella maggior parte dei casi è difficile il distinguerla. Sondhauss ne ha fatto esperimento con delle grandi lenti ad inviluppo di collodio, e con riempimento di gas.

Il piegamento o rifrazione dei raggi luminosi avviene in modo che il raggio sembra attratto dal mezzo più denso, avvicinandosi alla perpendicolare entro esso mezzo più denso, o più rifrangente. Tale è la ragione dell'apparente scavezzamento di un bastone che in parte è immerso nell'acqua, in parte ne emerge. In virtù della rifrazione le lenti concave producono una divergenza dei raggi luminosi, o ne diminuiscono la convergenza, e quindi diminuiscono la grandezza apparente degli oggetti mirati attraverso a siffatte lenti. Le lenti convesse, per lo con-

trario, aumentano la convergenza dei raggi; quindi elle producono un concentramento di luce, il quale rende più cospicuo, o di maggior grandezza apparente l'oggetto osservato. Perciò le lenti convesse si adoperano nei microscopii (*mikros* piccolo; *scopeo*, io guardo od osservo) per rendere visibili le minutissime parti degli oggetti vicini; e nei *telescopii* (*têle*, lungi) per rendere ben visibili i grandi corpi lontani, principalmente gli astri.

La rifrazione della luce segue due belle leggi scoperte da Cartesio, che sono queste: il raggio incidente ed il raggio rifratto si trovano tutti e due in un piano perpendicolare alla superficie che separa i due mezzi: per due dati mezzi il seno dell'angolo d'incidenza, qualunque ne sia l'obliquità, ed il seno dell'angolo di rifrazione (ossia degli angoli cui fa rispettivamente la perpendicolare col raggio incidente e col raggio rifratto) serbano fra loro un rapporto costante. Questo rapporto, detto ancora indice di rifrazione, è 4 : 3 dall'aria all'acqua, e quindi 3 : 4 dall'acqua all'aria; egli è di 3 : 2 nel passaggio dall'aria al vetro, ed inversamente di 2 : 3 dal vetro all'aria.

I raggi paralelli, o quasi paralelli, all'asse o linea di mezzo della lente, dopo averla traversata si riuniscono tutti assai vicino ed attorno ad un punto che si chiama il fuoco principale, o *fuoco*, della lente. I raggi provenienti da un punto non lontanissimo, dopo di aver traversato la lente, si riuniscono presso un altro punto detto il loro *fuoco coniugato*.

L'occhio è una specie di strumento ottico naturale, di una perfezione quasi eguale, anzi in parte decisamente superiore, ai migliori microscopii, telescopii, e camere fotografiche, anche sotto il punto di vista puramente tecnico, se non in quanto vi ostano le modificazioni necessarie alle funzioni vitali di questo delicatissimo organo: e, come

è facile il comprenderlo, esso è poi incomparabilmente più ammirabile ancora, sotto il punto di vista vitale o fisiologico.

I raggi di luce, dopo aver traversate le due membrane esterne dell'occhio, che sono la còrnea e la scleròtica, dopo esser passati per lo stretto e rotondo foro della pupilla in mezzo all'ìride ed attraverso all'umore acqueo, dopo di aver pure traversato l'umor cristallino, di forma lenticolare, e poscia l'assai più ampio e quasi sferico umor vìtreo, giungono ad una membrana chiamata la rètina, ed ivi dipingono una piccola ma fedelissima imagine rovesciata dell'oggetto esterno, con una precisione di disegno e di colorito, cui nessun pittore potrebbe al certo emulare. La rètina trasmette la ricevuta impressione della luce al cervello per mezzo del nervo ottico.

Benchè vi siano due occhi, e quindi due rètine e due nervi ottici, tuttavia l'istinto e l'abitudine ci fanno *vedere*, ossia rapidamente argomentare dalle due imagini rovesciate, o più esattamente dalle diverse impressioni corrispondenti ai diversi punti di quelle due imagini, una sola imagine diritta. In simile guisa se a chius'occhi, ed incrocicchiate le braccia, noi toccassimo con ambe le mani un oggetto ignoto, ci parrebbe forse di toccar due oggetti diversi: ma se avessimo il tempo di istituire e ripetere gli opportuni confronti, non tarderemmo a comprendere e sentire, anche colle braccia e mani incrociate, che noi tocchiamo in verità un solo oggetto.

Per ottenere la visione distinta, si richiede che i raggi luminosi i quali si dipartono in un fascio conico da ogni punto dell'oggetto mirato, dopo aver traversato la pupilla ed i tre umori, si riuniscano in un solo punto o spazio ristrettissimo sulla retina. Ad ordinarie distanze degli oggetti mirati, la riunione degli sparsi raggi nel fuoco coniugato avrebbe luogo naturalmente al di qua della retina

per gli occhi troppo lunghi internamente, o di forma troppo convessa, che si chiamano mìopi. La parola *mìopi*, indicante gli occhi o le persone che soffrono di tale difetto, viene al solito dalla lingua Greca, e precisamente da *myo*, ammicco, o fo l'occhiolino, e da *ops*, occhio; donde ancora *Ottica*, il nome della scienza che tratta della luce. I miopi sono ancora detti *di corta vista*, perchè veggono meglio gli oggetti vicini, che i lontani. Per lo contrario negli occhi internamente troppo corti, o di forma troppo poco convessa, come sogliono divenire gli occhi delle persone attempate, la riunione dei raggi avverrebbe al di là della retina, per le piccole distanze. Imperciocchè il fuoco coniugato è più lontano dal centro della lente pei punti luminosi più vicini, è più lontano pei più vicini. Ne segue che i *prèsbiti*, cioè le persone che hanno questa imperfezione, veggono più distintamente gli oggetti lontani, che gli oggetti vicini. La parola *prèsbiti* deriva ancor essa, già si sa, dal Greco; cioè dalla parola *presbys*, vecchio, o, se più vi aggrada, da *presbytis*, vecchia o matrona; perchè in tutte le etimologie, vi è sempre più o meno dell'arbitrario. In una lezione popolare mi sarà ben lecito di aggiugnere, per incidenza, quest'altro bricciolo di facile erudizione: il comparativo greco di *presbys* è *presbyteros*, più vecchio: dal quale deriva la parola latina *presbyter*, e da questa l'italiano *prete*.

Finchè ci siamo, voglio fare un'altra piccola escursione etimologica, o piuttosto una considerazione di prosodìa. L'accento greco era indipendente dalla quantità, ossia dalla lunghezza o brevità della vocale: ne dipende invece l'accento nelle parole latine. Perciò le parole derivate dal greco si trovano spesso soggette ad una noiosa perplessità di pronuncia, e si verifica specialmente per risguardo all'accento il noto verso:

Graeca per Ausoniae fines sine lege vagantur.

Io mi conformo alla regola più comune nella pronuncia Italiana, di collocare l'accento, nelle parole greche arrivate a noi attraverso alla lingua latina, secondo l'uso latino, e non secondo l'uso greco.

Torno alla Fisica: per dir però anche qui una cosa nota a moltissimi, cioè che si diminuisce o corregge la eccessiva convergenza dei raggi luminosi pei miopi, cogli occhiali di lenti concave: si aumenta, invece, e si corregge la troppo scarsa convergenza dei raggi, pei presbiti, colle lenti convesse.

I fenomeni delle lenti artificiali, e quelli delle ammirabili lenti naturali onde è costituito l'occhio dell'uomo e degli altri animali, dipendono essenzialmente dalla rifrazione della luce. È a sapersi nondimeno che la luce per noi più abbondante di tutte, val a dire quella del sole e della maggior parte delle stelle, ed in generale la luce bianca, è costituita da innumerevoli raggi di diverso colore e di diversa refrangibilità. La mancanza assoluta di ogni luce o colore costituisce le tenebre; ma i corpi i quali anche esposti alla luce l'assorbono tutta o quasi tutta, e non ne riflettono punto, o ne riflettono solo una piccolissima parte senza dare una sensibile preferenza ad alcuno dei colori elementari, si chiamano *neri*.

La separazione dei colori elementari ond'è composta la luce bianca, si effettua in una maniera per lo più poco distinta dai corpi trasparenti di forme curvilinee, ma in una bella ed assai distinta maniera dai corpi trasparenti la cui superficie sia faccettata, ed a spigoli vivi: e più regolarmente ed in un modo più comodo per le esperienze fisiche, mediante un prisma triangolare di vetro. I diversi colori, visti così, attraverso ai prismi di vetro od altri corpi poliedri di una limpida trasparenza, presentano nella varietà e vivezza dei colori rifratti uno spettacolo leggiadrissimo, una specie di delizioso incanto,

del quale sarebbe impossibile il somministrare un' idea adeguata ad un cieco dalla nascita.

I colori separati mercè il prisma sono i medesimi che si osservano nel graziosissimo fenomeno dell' iride o arcobaleno. Vi si succedono i varii colori per via di insensibili gradazioni o sfumature: tuttavolta Newton, lo scopritore della decomposizione della luce, e la maggior parte dei fisici, ne distinguono sette principali, cui a più facile ricordabilità esprimerò coi due seguenti versetti:

Rosso, arancio, giallo, verde,
Turchino, indaco, violetto.

Gli ho nominati nell' ordine della minore o maggiore rifrangibilità; cioè il rosso, il più forte e vivo di tutti i colori, è quello che meno si piega dal suo primiero cammino passando obliquamente da uno ad altro mezzo, ossia è il meno rifrangibile fra i sette colori. Egli è d'altronde, come già notammo, quello che risulta dalle onde luminose più lunghe di spazio e di tempo. Il violetto, per lo contrario, è il più debole, ed il più deviato o più rifrangibile nella settemplice famiglia, ed è costituito dalle vibrazioni eteree le meno estese per lo spazio, e le più rapide quanto al tempo; di quella vertiginosa rapidità che dicemmo, cioè di oltre a 728 bilioni di ondulazioni per ogni minuto secondo!

Ne trassi occasione per domandarvi se vi pareva che questa gran macchina dell' Universo sia fabbricata con poca finezza. Per maggior precisione e sicurezza avrei dovuto dire il Cosmos, invece dell' Universo. Imperciocchè è ben certa cosa che per tutta la vastissima estensione di questo nostro gran Cosmos, fra gli estremi limiti della Via Lattea, e delle più remote nebulose, si espande equabilmente in tutti i sensi l' etere, il quale seguendo una sempre uniforme ed infallibile regola ondeggia con vibrazioni ristrette a bilioni nelle angustie di un millimetro di

spazio, e di un minuto secondo di tempo, ma ripetute e propagate in tutte le direzioni per centinaia e centinaia di milioni di milioni di leghe; e ciò con quelle precise norme di ritmo che ci vogliono per formare il rosso, il giallo, l'azzurro, o qualunque degli altri colori elementari. Non sappiamo direttamente se avvenga il simile negli altri innumerevoli cosmi, separati dal nostro per la interposizione dei deserti privi di etere: l'analogia però ci reca a dover tenere per probabile che le stesse regole, od altre non meno maravigliose, governeranno anche gli altri mondi dai quali nessun bagliore di luce giammai ci pervenne, o perverrà.

Adesso voglio farvi un'altra interrogazione simile a quella. Vi sembra egli, o lettori, che questa piccola macchina, il cui nome più noto è il corpo umano, e che da alcuno fu chiamata il *microcosmos*, o piccolo mondo, sia lavorata ancor essa con poca finezza?

Pensateci alquanto; non fosse che in relazione a questa faccenda della luce e della visione. Il nervo ottico anatomicamente isolato apparisce un molle e piccolo cordone del diametro di pochi millimetri. La dissezione ed il microscopio vi scoprono un principio di organizzazione; una guaina membranosa all'intorno, e di dentro dei corpuscoli vesicolari, dei piccoli fasci di fibre, chiamati funicoli, e dei filamenti più sottili, le fibre nervee che compongono i funicoli. L'*Istologia*, od Anatomia microscopica, trova alle fibre nervee dei diametri di appena un millesimo di millimetro, o molto meno ancora. Ma siamo noi arrivati con ciò agli ultimi limiti dell'organizzazione dei nervi? Oh quanto enormemente distanti ne siamo ancora! Imperciocchè ognuna di queste sottilissime fibre porta al cerebro, o sensorio comune, l'impressione ricevuta da un determinato punto della rètina; e per abilitare il sensorio comune a formar l'idea dell'aspetto

visibile dell' oggetto esterno, fa di mestieri che il laboratorio centrale abbia il mezzo non solamente di distinguere le vibrazioni di una qualunque fra questi milioni di fibre del nervo ottico dalle vibrazioni di tutte le di lei compagne: ma è necessario di più che il laboratorio centrale distingua la maggiore o minor rapidità delle vibrazioni di ciascheduna di queste fibre; altrimenti si confonderebbero i colori delle diverse parti dell' imagine: ciò che non avviene. Bisogna dunque che ogni fibrilla del nervo ottico abbia un determinato modo di vibrare, diverso secondo i diversi colori di cui essa porta l' impressione al cerebro: cioè che ella vibri 728 bilioni di volte al secondo pel colore violetto; 686 bilioni di volte al secondo pel color indaco; 648 bilioni di volte pel turchino, ecc. Ma per poter far ciò, bisogna che l' intima struttura di queste fibre consista in un coordinamento di parti di una piccolezza e finezza dello stesso ordine, o forse d' un ordine superiore ancora, alla finezza delle più minute parti dell' etere, le quali al certo saran meno estese che le sue ondulazioni; benchè abbiam veduto che le onde dell' etere, corrispondenti al colore indaco, hanno una lunghezza minore della quattrocentomillionesima parte di un millimetro!

Per quanto grandi possano essere i futuri progressi della Tecnologia ottica, nessun microscopio potrà mai giugnere a rivelarci le più intime e minute parti del nervo ottico: imperciocchè nessun istrumento ottico potrà giammai farci vedere distintamente una molecola più piccola della più piccola onda luminosa: e nondimeno il nervo destinato a farci distinguere un' onda luminosa da un' altra, deve per necessità possedere una finezza di parti superiore alla finezza delle più piccole molecole dell' etere! Quale sarà dunque la finezza e complicazione di organismo nell' intimo santuario del pensiero, che raccoglie e coordina le impressioni di tutti i nervi!

Non si può dire con filosofica esattezza di termini che l' organizzazione umana è *infinitamente* ammirabile; imperciocchè niuna cosa la quale appartenga ad un ente finito può essere rigorosamente infinita. Ma allorchè si sia detto che il nostro organismo è trascendentemente stupendo e sublime, il linguaggio non è ancora giunto ad esprimere tutta l' ammirazione che invade l' uomo riflessivo nel contemplare gli abissi della sua propria natura!

LEZIONE VENTESIMAQUINTA

Fisica — *(Parte Quinta)*

CAPILLARITÀ.

Amo dir poche cose, in una brevissima lezione, intorno alla capillarità, piuttosto che lasciar affatto in disparte una classe di fenomeni che ha una parte così importante nella vasta officina della Natura. Sono fenomeni di attrazione e di ripulsione di un genere particolare, che si manifestano principalmente nei liquidi racchiusi in cannellini o tubetti la cui interna larghezza è molto piccola, e che si chiamano tubi *capillari*, quasi fossero della grossezza di un *capello*, benchè il diametro interno di quelli che si sogliono adoperare nelle esperienze di Fisica sia per lo più maggiore.

I fenomeni capillari formano una notabile eccezione alle leggi ordinarie dell' Idrostatica. Imperciocchè, in virtù della capillarità, un liquido che è a contatto con un solido, in luogo di avere tutta la sua superficie orizzontale, pre-

senta una superficie concava, e si *alza* sul livello ordinario, presso alla linea di contatto, quando il solido è di natura da rimaner bagnato dal liquido, ossia quando si manifesta fra essi la capillarità *positiva;* ed il liquido presenta invece una superficie convessa, e si *abbassa* sotto il livello ordinario, in vicinanza del solido, quando questo non è di natura da restare inumidito dal liquido, ossia quando ha luogo la capillarità *negativa.*

Un tubo capillare di vetro, dell' interno diametro di un millimetro, immerso verticalmente nell' acqua, solleva questa, al di dentro, ad un' altezza di circa 30 millimetri sopra il livello esterno. In un tubo di minor diametro l' acqua si solleva di più, ed in uno più largo si solleva di meno. Il dislivello è precisamente in ragione inversa del diametro del tubo. Per esempio se il diametro fosse la millesima parte di un millimetro, l' acqua vi si innalzerebbe mille volte trenta millimetri, o trenta metri. Niun artefice umano potrebbe fabbricare istrumenti di tanta finezza; ma ben potè fabbricarne e ne fabbricò la Natura. Il succhio vitale delle piante ascende dalle radici alle più alte vette, mercè la somma capillarità dei canali di cui è fornito il loro organismo.

L' alcool in un tubo del diametro di un millimetro non sale che 12 millimetri, o in quel torno; invece dei 30 millimetri che vi ascende l' acqua.

Qui di recente si è scoperto che la capillarità favorisce e rende più energiche le affinità chimiche, delle quali terremo parola nella prossima lezione. Per la qual cosa è un fatto importante e necessario all' ordine del nostro Cosmos che l' acqua, la quale è il liquido più abbondante in natura, e quello che esercita la più estesa attività chimica, sia dotata della più grande capillarità positiva.

Nei tubi immersi in un liquido che non li bagna

ha luogo la capillarità negativa, e quindi il liquido invece di alzarsi deprimesi al di sotto del livello esterno; e l'abbassamento è pure in ragione inversa del diametro interno. Così in un tubo di vetro asciutto, del diametro di un millimetro, il mercurio si abbassa otto millimetri: egli si abbasserebbe quattro millimetri soltanto in un tubo del diametro di due millimetri, e via dicendo. Anche l'acqua in un tubo unto internamente, invece di ascendere si abbassa come fa il mercurio; non però così considerevolmente; e la depressione è sempre secondo la accennata legge della ragione inversa del diametro. Fra due lastre paralelle e vicine il liquido si alza o si abbassa la metà di quanto farebbe in un tubo della stessa materia delle lastre, e di un diametro eguale alla distanza delle due lastre.

Uno dei fenomeni i più comuni dovuti alla capillarità è la mutua attrazione, reale od apparente, dei piccoli galleggianti fra loro, e dell'orlo del vaso per essi tutti, quando i galleggianti ed il vaso sono tutti atti ad esser bagnati dal liquido, o tutti restii ad esserne bagnati. La ripulsione, reale od apparente, si manifesta nel caso contrario, cioè quando uno di questi corpi è bagnabile dal liquido, e l'altro no. Un altro effetto ancora più comune ed importante, della capillarità, è la rotondità delle gocciole.

Fenomeni cotanto singolari come quelli della capillarità dovevano eccitare un vivo desiderio di conoscerne la cagione. Dopo la prima scoperta cui ne fece il medico toscano Aggiunti, più di due secoli sono, molte ipotesi si pensarono per ispiegarli; ma invano, come al solito, per quanto si riferisce alle cause più remote e più profonde. La causa immediata però è palese: consiste in una particolare attrazione o ripulsione cui le molecole del liquido acquistano le une verso delle altre,

o per un altro corpo, solido, liquido od aeriforme, in seguito al contatto con questo corpo. Questa attrazione o ripulsione cessa all' istante col cessare del contatto col corpo estraneo, ma durante il toccamento l' attrazione o ripulsione capillare estende la propria sfera d' azione anche a distanza sensibile, benchè piccola, al di là dei punti di contatto. Io ho dimostrato nelle mie *Notizie di Fisica* che l' attrazione o ripulsione capillare è governata dalla seguente semplicissima legge: *il peso vinto è proporzionale alla linea di confine.*

Sono conseguenze speciali di questa legge più generale, quelle cui ho già enunciate dell' alzamento o depressione dei liquidi entro i tubi in ragione inversa del diametro; e dell' alzamento od abbassamento fra le lastre paralelle, eguale alla metà di quello che avviene in un tubo di diametro eguale alla distanza delle due lastre. (*)

(*) Infatti sia r il raggio del tubo, $2r$ la distanza reciproca delle due lastre, l la loro comune lunghezza, A l' altezza o depressione del liquido nel tubo, a fra le lastre; K un coefficiente costante qualunque. La linea di confine fra la superficie del liquido e la parete interna del tubo sarà $2\pi r$; il peso vinto potrà rappresentarsi col volume $\pi r^2 A$; laonde, se il peso vinto è proporzionale alla linea di confine, sarà

$$2K\pi r = \pi r^2 A;$$

e quindi

$$A = \frac{2K}{r};$$

cioè l' altezza A inversamente proporzionale al raggio r, od al diametro.

Per le lastre paralelle, avremo

$$2Kl = 2alr;$$

e quindi

$$a = \frac{K}{r} = \frac{1}{2} A.$$

LEZIONE VENTESIMASESTA

Chimica — *(Parte Prima)*

La **Chimica** è forse, fra tutte le scienze, quella che ha avuto ai nostri tempi il più grande sviluppo. Nondimeno essa non solo sortì piccoli ed umili principii come tutte le discipline, ma dee in certa guisa il suo nascimento ad uno strano pregiudizio, fomentato dall'avarizia e dall'impostura. Fu creduto per gran tempo che fosse possibile convertir in oro sostanze attualmente diverse da questo costoso metallo. Fidati a tal fallace credenza vi furono molti che gettarono il loro tempo, i lor averi, e la lor quiete a cercar i mezzi di operare questa trasmutazione, mercè la quale essi lusingavano sè medesimi ed altri di poter accumulare le più strabocchevoli ricchezze che mai al mondo fossero state. Chiamavano lo scopo di loro ricerche per antonomasia il *segreto*, od anche il *lapis philosophorum*, pietra filosofale. Con maggiore assurdità eziandio si teneva che chi potesse ridur l'oro in bevanda, guarirebbe o preserverebbe gli uomini da tutte le malattie, a tale da conferir loro una specie d'immortalità. Davano a questa sognata preparazione il nome di *oro potabile*, od anche il più fastoso titolo di *Panacea*, cioè medicina universale. La pretesa arte poi di giugnere a queste due scoperte si chiamava *Alchimia*.

Nondimeno i lunghi e numerosissimi tentativi degli Alchimisti non tornarono al tutto vani: alcuni tra essi impensatamente si imbatterono in iscoperte, le quali nulla

avevano che fare col fine da loro agognato, ma furono i primi semi ed incentivi di quella vera e grave scienza moderna *che ne insegna di che son formati i corpi, quali diverse materie si possono da lor ricavare, e quai nuovi corpi si posson comporre unendone diversi insieme.* Il nome di Chimica onde questa scienza si appella, non è che una modificazione di quello della falsa arte che le fu madre.

Dire ad uno ad uno i vantaggi che alle altre scienze ed al civile consorzio da lei ridondano, sarebbe discorso lunghissimo. La Medicina, la Mineralogia, la Botanica, l'Agronomia, la Geologia, la Fisica speciale, si giovano assaissimo della Chimica, benchè elleno stesse, ma sopra tutto la Fisica, prestino un potente aiuto alla Chimica: giacchè tutte le scienze, massimamente le naturali, son legate fra loro, ed i progressi delle une sono scala ai progressi dell'altre. Perciò anche negli stessi trattati elementari di una scienza sempre siam costretti a prendere a prestanza alcune nozioni da altre: tanto che a ben apprendere la prima che si studia converrebbe già saper le altre, lo che è impossibile: e perciò, come osservò saviamente il fisico Pianciani, le scienze a cui prima altri si applica non possono impararsi del tutto se non tornandovi sopra dopo aver vedute le altre affini. Molte arti pure e mestieri ripetono, o ripeter possono in seguito, perfezionamenti grandi da questa scienza; per dirne alcuni, i mestieri del vetraio, del vasaio, del ferraio, e qualunque arte di scavare o depurar metalli, di farne leghe, di lavorarli; la conciatura delle pelli, le fabbriche di saponi, di carta, di armi e polveri da fuoco, le profumerie, le tintorie, la pittura stessa; qualunque professione infine ove sieno da mescolarsi insieme varie materie, le quali abbiano ad operar un effetto le une sulle altre.

Appunto io dir voglio di primo tratto qualche cosa

generalissima intorno ai modi con cui si mischiano i corpi.

Se ad alcuno prendesse vaghezza di por del frumento entro ad un vaso, e poi versarvi dell' acqua sino a che il vaso ne potesse capire, andrebbe essa a riempiere tutti i vani che sono fra i diversi granelli: una picciola porzione dell'acqua verrebbe da loro assorbita; ma essi resterebbero contuttociò granelli di frumento, e l' acqua che riempie gli spazii fra gli uni e gli altri si rimarrebbe pur acqua. Se invece di così fare si riduca quel grano in farina, e intrisa questa coll'acqua, mediante la virtù del fuoco la pasta convertasi in pane, niuno può dubitare che ancora in esso come dentro il vaso testè memorato non vi sia acqua e frumento: ma qual linceo occhio vi saprebbe discernere l' una dall' altra? Qual è la più tenue briccioletta di pane che abbia aspetto di grano o di farina, e sopra tutto poi d' acqua? Così in quel caso come in questo la materia del frumento e dell' acqua sono insieme; ma in quanto diversa maniera! E tuttavia i chimici conoscono una moltitudine di casi, ne'quali i corpi posti insieme contraggono un'unione ancora più intima, e soffrono delle alterazioni anche più profonde che quelle del frumento e dell'acqua nel pane.

Per esempio versate dell' acqua sopra del ferro, anche sminuzzato; non ne avete che un miscuglio dei più grossolani. Versatevi invece dell' acido solforico, anticamente chiamato olio di vetriolo. Vedrete nascerne una viva effervescenza, in mezzo alla quale il ferro si combina, *in proporzioni determinate*, all' acido solforico, e forma con esso un nuovo composto differentissimo tanto dal ferro che dall' acido solforico; molto più invero di quello che il pane cotto non si distingue dalla farina. Il nuovo composto che ne risulta, si chiamava dai chimici del secolo passato vitriolo verde, o vitriolo marziale; oggi si chiama *solfato di ferro*. Lasciando lentamente consolidarsi la

soluzione, ne nascono dei cristalli in forma di grossi prismi romboidali, trasparenti, e di un bel colore verde smeraldo. Il solfato di ferro ha un sapore d'inchiostro; e non è a maravigliarsi, poichè il solfato di ferro è il principal ingrediente dell'inchiostro da scrivere. Gli altri ingredienti sono la gomma, a peso incirca eguale col vetriolo, per dare al liquido un poco di consistenza; una quantità alquanto maggiore di galla, che contiene in abbondanza il *tannino;* e poche gocciole di alcun altro speciale *antisettico,* o preservativo dalla muffa o putrefazione, per esempio della *creosota*: il tutto *macerato* e *sciolto* in una quantità di acqua venti volte più pesante del vetriolo. Mi servo di questo speciale esempio per ispiegare alcune locuzioni chimiche di più generale significato ed importanza. Bisogna lasciare il solfato di ferro, la gomma, e le noci di galla triturate, in *infusione* e *digestione,* per due o tre settimane, scuotendoli nell'acqua di tempo in tempo; e da ultimo *decantare* il liquido chiaro, cioè a dire travasarlo leggermente in altro recipiente, onde lasciare in fondo al primo i residui semiliquidi. Si ottiene, nel liquido travasato, un buon inchiostro nero, scorrevole, e permanente.

Allorchè due o più corpi si mescolano in guisa che restino ancora distinti, o almeno il loro insieme partecipi di tutte le qualità di ciascuno, come avviene in una maniera più grossolana e più palpabile nel caso da me supposto dapprima fra l'acqua ed il frumento, quel che ne risulta si dice *miscuglio*, ed il modo di sua composizione chiamasi *mescolanza.* Ma quando le minutissime parti (dette ancora *particelle* o *molecole*) de' corpi meschiati, non solo si tengono fra loro strettamente congiunte e indiscernibili, ma il nuovo corpo cui formano ha speciali qualità, e caratteri molto diversi da quelli dei corpi o delle materie che lo compongono, come nel caso esemplificato della formazione del solfato di ferro, esso è chiamato

un *composto*, e l'unione cui han contratta le materie ond'è formato, si chiama *combinazione.*

Anche la disposizione cui ha un corpo a mescolarsi o a combinarsi con altri diversi, ha il suo nome scientifico; e questo è *affinità chimica*, o semplicemente *affinità*. Questa disposizione o tendenza dei corpi ad unirsi fra loro è or maggiore or minore secondo le diverse circostanze. Così per tornare ai due già ripetuti esempii, i granelli del frumento assorbono una parte dell'acqua che su loro è versata, per una qualche *affinità* che passa tra loro e l'acqua: ma nella panificazione l'acqua si unisce alla materia del grano per una molto più poderosa affinità svegliata o promossa da un forte e prolungato calore. L'affinità valevole ad operare una intima mescolanza ovvero una combinazione chimica non si manifesta quasi mai fra' corpi duri e grandi, ma richiedesi quasi sempre che uno di essi sia sciolto, o almeno che tutti e due sieno triturati in minuti pezzi: e per lo più il calore sussidia l' affinità.

Inoltre è diversa l'affinità di un medesimo corpo verso corpi diversi. Avvi un bellissimo liquido più pesante del piombo, candido e lucente come l' argento, e che per questa apparenza e per la mobilità conferitagli dal suo esser di liquido, vien detto dal popolo *argento vivo*, benchè i dotti preferiscano di chiamarlo *mercurio.* Vi ha pure nelle drogherie, ove suol vendersi anche il mercurio, un altro liquido singolare, che porta ancor esso due nomi, uno popolare e l'altro scientifico, cioè *acqua forte* ed *acido nitrico:* corrosivo potente usato in molte arti. Se ne prenda del più *concentrato*, val dire di quello a cui è mista poca o niuna acqua, che indebolirebbe l' energica di lui attività, e si versi in un vaso ove sia del mercurio. Vedrete tosto svegliarsi un vivissimo brulichio, un' effervescenza, un sembiante di ribollimento.

Ne è cagione il frettoloso *combinarsi* che fan tra loro le minime particelle del mercurio con quelle dell' acqua forte: e di questo combinarsi è cagione l' *affinità* cui han l' uno per l' altro questi due liquidi. Se continuate ad aggiugnere acido nitrico oppure mercurio, il fremito si rinnova insino a che l' acido si sia appropriata quella maggior quantità di mercurio a cui può unirsi, cioè insino a tanto che ne sia *saturato*, come si dice in linguaggio chimico. Ma se anche dopo questa *saturazione* immergete nel nuovo liquido una lamina di rame, questa si disfà prontamente, voglio dir che si discioglie maritandosi all'acido nitrico; il quale rimette in libertà l' argento vivo. Perchè avvien questo? Perchè l' acido nitrico ha maggior affinità pel rame che pel mercurio, e ad esso preferisce il rame. Ma provatevi ora ad immergere in questa *dissoluzione* una lama di ferro pulito. Vedrete questa andarsi assottigliando, perchè il ferro di mano in mano si scioglie e si combina all'acqua forte, facendole pigliare un color bruno, di verde che ell' era divenuta pel rame. Questo poi si separa dall' acido nitrico, e va a depositarsi in forma di foglia di rame sopra la superficie della lama di ferro che rimane, e facilmente ne la potrete staccare. Ciò dimostra che l' acido nitrico ha più affinità pel ferro che pel rame. Con simile procedimento potrete convincervi, se il vorrete, che lo zinco ed altri corpi hanno per quel liquido un' affinità ancor più efficace che non ha il ferro, il rame, ed il mercurio.

È l' affinità uno de' principali mezzi di cui si servono i chimici per dividere i corpi composti nei loro componenti, ciò che si chiama *Analisi*, o per ricomporli, o formar nuovi composti, lo che si chiama *Sintesi*. Quelle materie che nè per analisi possono essere scomposte in altre materie diverse, nè per sintesi ponno esser formate dall'unione di altre, si chiamano sostanze *semplici* o *elementari*.

Gli antichi dicevano gli *Elementi* esser quattro: la *terra*, l'*acqua*, l'*aria*, ed il *fuoco;* e volevano dire che dalla unione di queste quattro cose variamente contemperate risulta l'attuale stato del mondo e de' corpi che vi si trovano. Sarebbe grave errore il credere che non siano in essi che le quattro dette cose, intese letteralmente. Ma ove col nome di terra si intendano non le sole vere terre, ma ancora i metalli, le pietre, e in generale i corpi solidi; quando per acqua intendansi i liquidi tutti; per aria qualunque sostanza avente forma aerea o di gas; e per fuoco la cagione probabilmente unica del calore, della luce, dell'elettricità, e del magnetismo, quell'antica teoria è giusta, come ella è semplice, popolare, e bella: degna insomma dell'uom grande che primiero la propose, dico il fondatore dell'Italica scuola, Pitagora. Verissimo è eziandio che la terra, l'acqua e l'aria, nel più comun senso di queste parole, formano la parte di gran lunga più grande dei corpi cui conosciamo nel globo, e nell'atmosfera che lo inviluppa; e che in tutti quanti i corpi esiste il calore. Ma la moderna chimica ha dimostrato che ciascuno dei tre primi antichi elementi può decomporsi in altre materie (o *sostanze*, come meglio amano di dire i chimici) distinte fra loro; e che l'ultimo, il fuoco, è un fatto complesso proveniente dall'azione di sostanze ancor esse fra loro distinte.

Benchè però gli antichi non potessero imaginarsi che un giorno i loro elementi sarebbero analizzati, non intendevano già, col così chiamarli, di indicare che fossero indecomponibili. Oggi, anche gli oratori ed i poeti, a cui sì di sovente verrebbe in acconcio l'usar di quella sonora e comodissima parola nell'antico significato, se ne sogliono astenere, per timor di non sembrare troppo arretrati nelle cognizioni moderne. Mi sembra, ciò non di meno, che potrebbero rinunciare a siffatto scrupolo, e qualche volta

chiamar l'acqua, la terra, l'aria, ed il fuoco con denominazione comune *elementi*, non nel senso di corpi indecomponibili, ma ad esprimer cose che han parte estesissima ed attivissima nella mondiale compage.

Mi torna espediente incominciar a mostrare l'analisi dell' aria. Si chiama *aria* quella sostanza cui non vediamo, ma che si rende sensibile al tatto od anche all' orecchio col suo fischiare, quando ella ci vien contro in forma di vento, quando noi corriamo, quando agitiamo velocemente un bastone o la mano, come diciam appunto, *per aria;* quella infine cui respiriamo continuamente. Ha poi il nome di Atmosfera tutta l' immensa massa di aria che copre la terra ed il mare. Ora quest'aria atmosferica è composta di due altre sostanze aeree, ossia gas, mescolati insieme in quella guisa che, per servirmi di un volgare ma acconcio paragone, il vino adacquato consta di vino e d' acqua. Di quei due gas uno si chiama gas *ossigene*, e l' altro gas *azoto*. Il gas ossigene è quella parte dell' aria che è indispensabile nella respirazione degli animali a sangue caldo, quali siam noi, e nella *combustione* ossia abbruciamento dei corpi. Il gas azoto è del tutto inetto ad alimentar la combustione e la respirazione: cioè a dire che un corpo *combustibile*, ossia atto ad abbruciare, immerso che sia in questo gas puro non può accendersi, o acceso si spegne come se fosse attuffato nell' acqua: ed un animale mammifero (cioè di quelli le di cui femmine hanno *mamme* ossia poppe da allattare i lor pargoli) come pure un uccello, per mancanza di alimento alla respirazione vi muoiono. Da quest' ultima ragione è il suo nome, che suona *privo di vitalità:* per opposta ragione il gas ossigene venne ancora denominato *aria vitale.* Un corpo acceso in questo gas solo, divampa con fiamma vivacissima e rapidissima: per simil causa gli animali vi troverebbero un troppo

veloce esercizio della vita, la quale ben tosto precipiterebbe al suo fine: perciò provvidamente il più prezioso ed attivo principio dell'aria, che è l'ossigene, viene distemperato in una quantità di gas azoto circa quattro volte e mezza maggiore di quello.

Più precisamente il rapporto dei due principali gas nell'aria atmosferica è il seguente, prima in peso, poi in volume.

In un chilogrammo di aria vi sono:

di gas ossigene 230 grammi
di gas azoto . . 770 »

Totale 1000 grammi.

In un metro cubico di aria vi sono:

di gas ossigene 208 litri
di gas azoto . . 792 »

Totale 1000 litri.

La diversità di questi due rapporti proviene dalla diversa densità dei due gas. Il peso di un metro cubico della loro mescolanza, ossia di aria pura, senza acido carbonico, nè vapore, a temperatura zero, e pressione normale, è un chilogrammo e 293 grammi, ossia 1.ᵏ 293.

L'atmosfera però contiene dappertutto anche del gas acido carbonico, e del vapore, ma in quantità variabile, e sempre assai minore di quella dei due gas principali. Senza il gas acido carbonico non vivrebbero le piante; senza il vapore non vivrebbero nè piante, nè animali.

Del rimanente, invece di avere a tutte le altezze quella stessa densità cui essa ha ne' suoi infimi strati, l'aria si espande a sempre minor densità negli strati superiori, e così diradata si solleva ad altitudini a noi ignote, ma senza dubbio almeno dieci volte maggiori di quelle delle più eccelse montagne.

Se i gas non avessero un' invincibile propensione a mescolarsi, i quattro principali fluidi aeriformi che compongono, in proporzioni assai diverse, l' atmosfera terrestre, si separerebbero in quattro grandi strati, e renderebbero la nostra terra perfettamente inabitabile. Non riuscirà forse discaro nè inutile, che vediamo come ciò avverrebbe.

I quattro principali elementi dell' atmosfera, tutti indispensabili alle di lei funzioni vitali, sono, in ordine della loro maggiore o minor quantità, il gas azoto, il gas ossigene, il vapor acqueo, e l' *ècebo* o gas acido carbonico. Ora, supposto che ognuno di questi quattro gas serbasse in tutta la sua altezza la densità cui isolati avrebbero sotto la pressione di un' atmosfera, il più pesante di essi, che è il gas acido carbonico, coprirebbe il mare e le più basse pianure ad un' altezza di circa quattro metri, ed ucciderebbe di fulminante asfissia tutti gli animali che lo respirassero. Il gas ossigene formerebbe uno strato alto mille e settecento metri, che occuperebbe la maggior parte delle pianure e delle mediocri montagne, o tutto lo spazio dove ora vive la quasi totalità dei nostri simili.

E benchè questo gas formi la parte vitale dell' aria, pure per la sua eccessiva e non temperata attività, farebbe morire in pochi giorni, o forse in poche ore, uomini ed animali presi da violenta flògosi polmonare.

Il gas azoto formerebbe, al di sopra dell' ossigene, uno strato alto circa 6440 metri, o quasi quattro volte più del precedente. Infine il vapore acqueo costituirebbe un quarto strato al di sopra dei tre precedenti. L' altezza cui avrebbe non è precisamente nota, perchè non è ben nota nè fissa la quantità di vapore che esiste nell' atmosfera; però dietro la nostra supposizione che la sua tensione divenisse eguale ad un' atmosfera, non si può andare moltissimo lungi dal vero, ammettendo che esso occupasse

un' altezza di circa un centinaio di metri; a tal che l' altezza complessiva dei quattro strati sarebbe di 8244 metri. Tutta l' atmosfera arriverebbe appena a toccare le più elevate cime dell' Himalaya.

Quel che è certo si è che se i quattro gas che compongono l' atmosfera fossero separati, sia a tensione costante, come abbiamo supposto per facilità di calcolo e di spiegazione, o a tensione e densità decrescente, l' aria diventerebbe una vasta mofeta; imperciocchè se gli animali perirebbero in pochi giorni respirando il gas ossigene puro, perirebbero in pochi minuti anche respirando l' azoto puro, od il vapore acqueo.

La sostanza del gas ossigene può trovarsi e si trova spesso in altra forma che in quella di aria: ed allora si chiama semplicemente *ossigene;* ma in questo caso non è mai puro o solo, bensì unito ad altre sostanze. Dalla combinazione dell' ossigene con una certa sostanza che ora dirò è formato un altro degli antichi elementi, l' acqua. Quell' altro principio che entra a formarla porta appunto per questo il nome d' *idrogene*, nome greco che vuol dire *generatore dell' acqua.* Quando esso è solo, si espande in forma aerea o di gas, e diviene il più leggero di tutti i corpi. Perciò di questo gas si gonfiavano una volta le macchine aereostatiche, o palloni volanti; ora si preferisce gonfiarli col gas dell' illuminazione, più pesante dell' idrogene puro, ma di molto minor costo. Per essere infiammabilissimo il gas idrogene ebbe ancora il nome di *gas infiammabile.* Il peso dell' ossigene che entra in una data quantità d' acqua è otto volte maggiore di quello dell' idrogene. Ridotti l' uno e l' altro dei componenti dell' acqua allo stato di gas, l' idrogene occupa uno spazio doppio di quello dell' ossigene. Infatti se in un forte vaso si fa passare una misura di gas ossigene, e due misure di gas idrogene, così che (per essere il gas ossigene se-

dici volte più pesante del gas idrogene) l' ossigene vi peserà otto volte più dell' idrogene, ed il miscuglio di questi due gas si assoggetti ad una forte ed improvvisa compressione, ovvero vi si faccia passare la scintilla elettrica, succede un infiammamento, dopo del quale i due gas scompariscono, e si trovano in fondo al vaso delle gocciole d' acqua: queste diligentemente pesate si trovano di un peso eguale a quello del gas idrogene e del gas ossigene dispersi. L' acqua è dunque un composto di ossigene e d' idrogene combinati insieme. Dico d' ossigene e d' idrogene, e non di gas ossigene e di gas idrogene, perchè questi due principii, come è palese, trovansi nell' acqua allo stato di liquido, e non più allo stato di aria o di gas. La composizione chimica dell'acqua, egualmente che quella dell' aria, sono due delle insigni scoperte di Lavoisier.

Se l' aria e l' acqua non son corpi semplici, meno di essi lo è la terra: imperciocchè primieramente quella cui di solito vediamo e coltiviamo è una mescolanza di varie distinte specie di terre, delle quali le più comuni ed abbondanti sono tre che insieme riunite formano i migliori terreni, e separate sarebbero sterili affatto. La prima è quella che predomina nei terreni più sciolti e più fertili, cioè la *silice* o arena, ossia sabbia. E perchè, potrebbe chiedere alcuno, se è lo stesso il dir silice o sabbia, non si usa sempre piuttosto l' ultimo nome che è tanto più sicuramente inteso da tutti? La ragione si è che la materia della sabbia può avere altra forma diversa da quei minutissimi frantumi che la compongono: i ciottoli o sassi di fiume, ed in generale le pietre che fan fuoco coll'acciarino sono della stessa natura: or i chimici avendo bisogno di indicare con un nome generico la materia principale comune a questi corpi, l'han detta *silice* dal nome cui ha in latino la pietra focaia. La sabbia, come è noto, unita colla calce e coll' acqua forma il cemento

più comunemente usato nelle fabbriche. La silice forma ancora la *base*, ossia la *principal materia* di uno dei più belli ed utili prodotti dell' arte, cioè del vetro, il quale non è che arena fusa a forza di fuoco con un àlcali, quale è la potassa, principal materia della cenere. La seconda di quelle tre terre è l' *allumìna*, sostanza terrea chè predomina nelle argille o terreni forti, cioè in quelli che più avidamente assorbiscono e ritengono l'acqua, o (per dir cosa ben ovvia a verificarsi da tutti) che si attaccano tenacemente ai piedi allorchè è piovuto. I vasi di terra d'ogni sorta, dalle più grossolane stoviglie alle più fine porcellane, sono impasti di silice e d' allumìna cotti al fuoco, e ricoperti di uno strato di vernice vetrosa.

La terza è la *terra calcare* che prevale nei terreni detti cretosi, ed è della stessa materia di quei pezzi di pietra che cotti nelle fornaci dan la calcina da muratori. Questa cottura a cui si assoggettano ha per effetto il separare da quella pietra l' acido carbonico, il quale vi era combinato, e che, per virtù del calore, divenuto gas si dissipa nell'atmosfera. La calce come la potassa vengon riposte dai chimici in una classe di corpi cui chiamano *alcali*.

Piuttosto mi convien qui dire che così la silice, come l'allumina e la calce, sono ancora ciascuna in sè corpi composti: e la composizione è di quel genere che si chiama *òssido*. Adesso quelli dei lettori che non lo sanno. vorran forse che io dica qual razza di composto sia un *òssido*. Io lo dirò volontieri, ma nol posso fare acconciamente se in pari tempo non ispiego la natura di un altro composto analogo che si chiama *acido*. L' ossigene, che è la più attiva e più maravigliosa sostanza fra quante ne conoscono i chimici, ha tale affinità per qualsivoglia altra materia, che egli esiste in combinazione nella maggior

parte dei corpi, e niuno ve n'ha, che se già non lo contiene, non si possa combinar seco mediante qualche chimico artificio. Le combinazioni dell'ossigene con un'altra sostanza si chiamano ora acidi, ora ossidi. Si appellano col primo nome quando il composto ha certi particolarissimi caratteri che si riducono principalmente a questi tre: che esso abbia un sapore agro e bruciante: che possieda una forte affinità per un gran numero di altri corpi, e che sia atto a voltare in colore rossastro i colori turchini fatti con tinture di origine vegetale, come sono quasi tutti. Ma allorachè l'ossigene combinato ad altra sostanza non è in quantità sufficiente perchè il composto possa produr questi effetti, esso composto è un *òssido*. Così la ruggine che è una combinazione d'ossigene e di ferro, e che tutti posson verificare che non ha i tre caratteri assegnati agli acidi, s'intitola *òssido di ferro*. Quindi si impedisce l'ossidazione di un metallo col preservarlo dal contatto dell'ossigene contenuto nell'aria, nell'acqua, o in altri corpi. A tal fine per difender dalla ruggine il ferro si spalma esternamente di vernice, oppure di colofonia, detta più comunemente pece greca. La latta non è che sottili lastre di ferro coperte da ambe le parti di uno strato di stagno, per salvar dall'ossidazione la lastra stessa, la quale ha molto maggior affinità coll'ossigeno che non ha lo stagno. Se si proponesse ad uno ignaro di chimica di indovinare che cosa sia l'*òssido* d'*idrogene*, ei non saprebbe al certo che cosa rispondere; e quando gli si dicesse, ei si maraviglierebbe forte che una cosa tanto comune potesse avere sì strano nome: ma i miei lettori, anche quelli che son nuovi di tali cose, riflettendo alla definizione da me data dell'ossido, e ripensando a quel che ho detto intorno alla composizione dell'acqua, vedran tosto che l'acqua può con verità esser chiamata ossido di idrogene.

Tornando ora alle terre, dico che se con opportuni procedimenti chimici elle si privano dell'ossigene cui tengono in combinazione, restano dei corpi riguardati come semplici, che non si trovano se non decomponendo le terre. In quanto alle tre per me indicate, i corpi indecomposti che se ne ricavano si chiamano rispettivamente *silicio*, *alluminio, calcio.* Adesso riescirò del tutto chiaro se dico che l'analisi ha dimostrato che la silice è un ossido di silicio, l'allumina è un ossido d'alluminio, e la calce è un ossido di calcio.

Tanto basti aver detto intorno alla composizione del più pesante fra i quattro antichi elementi: passeremo a dire del più leggero di tutti.

Perchè ardono in generale i corpi abbruciabili? che cosa sono la bracia, la fiamma, il fumo? Quale arcano potere risveglia in un subito quello splendor così vivo, quel calore così intenso? Onde avvien egli mai che, secondo il noto verso di Dante,

« *Poca favilla gran fiamma seconda?* »

Una scintilletta caduta sopra arido mucchio di sterpi li accende, e di grado in grado il divampare si dilata per forma da invader talora un'abitazione, un quartiere di una città, una città intera, vastissime e folte foreste, e, con rapidezza che previene il rimedio e la fuga, inghiottisce animali ed uomini, e le opere da loro o dalla natura per secoli adunate, mandando intorno a molte miglia da lungi un chiarore ed uno spavento di morte.

Le ragioni di tutto ciò vedremo or ora: ma prima voglio pregarvi, o miei lettori, a riflettere alquanto ai rarissimi pregi del fuoco. Usi ad averlo cotidianamente sotto gli occhi, l'imaginazione e l'attenzion nostra non ne sono affascinate se non quando egli opera in grande i suoi funesti effetti di distruzione, e poco badiamo quanto bella e mirabile ed utile cosa egli sia qualora cheta-

mente arde nei nostri focolari. Che insalubre, e misero vitto sarebbe il nostro se egli non ne cuocesse i cibi! Quanta tristezza e quanto soffrire ove egli non ci riconfortasse di caro tepore nella stagione nevosa! Quale stentato e disagioso vivere se non ci rammollisse il ferro onde formar gli strumenti con cui coltiviamo la terra e lavoriamo ogni sorta di attrezzi! Oh quanto più infelice, quanto men numerosa sarebbe l'umana famiglia!

Forse il ritrovamento di un tanto bene è dovuto al caso, come la più parte delle invenzioni più utili. Permettetemi, o signori che di lettura mi onorate, ch'io v'inviti a porvi coll'imaginazione ai più remoti tempi del mondo.

Il paese o paesi dove la razza umana fece la sua prima comparsa sul nostro pianeta, erano probabilmente di quelli più caldi che producono in ogni stagione frutti mangiabili senza cottura, ed il fuoco vi era cosa non assolutamente necessaria, però al certo ivi pure desiderabilissima. Ma quale idea, qual nozione, qual sospetto avremmo noi soltanto avuto della esistenza o benanche della possibilità del fuoco, se mai non ci fosse caduto sotto occhio? Poniamo eziandio che avessimo udito parlare del mito biblico della spada di fiamma cui l'angelo del terrore agitava davanti all'ingresso dell'Eden; per quanto sottilmente e fisamente ed a lungo avessimo meditato e cercato, qual tentativo, qual mezzo di sperabile riuscita ci sarebbe potuto mai correre alla mente per riprodur qualche cosa di simile?

Ma fra tanti fulmini, che in ogni tempo caddero e cadranno sugli alberi, forse anche fra gli aeroliti incandescenti che di tempo in tempo precipitano sulla terra, di che parleremo più a lungo in un altro volume, dovette pur avvenire, come avviene anche ai nostri giorni, che uno accendesse una qualche foresta. Da una o più d'una di quelle ardenti foreste non potettero a meno gli

uomini di imparare tre cose: primamente che il fuoco si propaga da un corpo acceso ad un altro che gli sia presso; dipoi la grata sensazione cui esso a convenevole distanza ci procura; infine come le carni di qualche fiera perita fra quelle fiamme fossero più tenere e più saporite che non sogliono esser crude: e così avran cercato di portar di là in opportuni luoghi brace, o tronchi ancora ardenti, ed alimentare con successiva aggiunta di legne un rogo perenne, al doppio fine del loro scaldarsi e dell' arrostimento delle carni degli animali. Abbiam dalla storia antica quasi certi indizii che nelle città mantenevasi un fuoco comune perpetuo, da cui i privati andavano ad attingere di che accender il loro. Qualche volta spegnevasi il fuoco comune, e mandavano a cercarne il seme in altra città. Gli antichissimi nostri Italiani, sin d'allora più accorti degli altri, ad assicurar meglio la conservazione del prezioso elemento, lo posero sotto la protezion della religione, consecrandolo a Vesta, e deputarono in ciascuna città alla custodia e al mantenimento di esso delle Vergini segregate dal mondo, affinchè i pensieri dell' amore non le distraessero dal geloso ufficio. Più tardi poi trovato il ferro, una scintilla uscita a caso dal rapido sfregamento di un pezzo di tal metallo contro ad un sasso avrà insegnato il modo di creare il fuoco senza prenderlo da altro che prima ardesse: ma l' istituzione del fuoco sacro, comechè divenuta inutile, sussistette ancora per venerazione degli usi antichi.

Se l' invenzione del modo di accendere e di conservare il fuoco si debbe all' ingegno o all' industria d' un uomo, quegli merita se non gli onori divini cui accordava la superstizione dei popoli primitivi, le benedizioni di tutte le generazioni che vennero dopo di lui e verranno. La mitologia che qualche volta sotto il velame dell' allegoria ci insegna il vero, attribuisce a Prometeo il rapimento

del fuoco dal sole, e racconta che in punizione di ciò gli Dei lo sottoposero al monte Caucaso, ove un avoltoio gli rode le viscere. Forse è in questo mito adombrata la nera ingratitudine con cui sono per ordinario rimunerati i benefattori dell'umanità; e l'avoltoio non è altro che la feroce invidia, che or con segrete or con palesi arti lacera o lacerar vorrebbe il cuore degli uomini dagli arditi concepimenti. La favola di Prometeo, e la verissima storia di Socrate, mostrano come presso gli antichi poteva il sommo merito esser pagato di iniqua mercede. Forse più giusti sono in ciò gli uomini de'tempi moderni? Egli è meno di un secolo che un uomo scoperse la vera spiegazione della formazione del fuoco: scoperta, è vero, men importante di quella del fuoco stesso, ma pur importantissima ancora, perchè essa aperse l'adito ad altre scoperte; e l'inventore di quella, e per essa e per altri molti egregii ritrovati, fu il riformatore e quasi il creatore della Chimica. Quell'uomo si chiamava Antonio Lavoisier. Il suo nome sarà de' più onorati fra quanti ne anderanno alla più tarda posterità. Ma che fecero per lui i suoi contemporanei, i suoi connazionali? Gl'innalzavano essi statue o colonne, lo guardavano con venerazione, lo amavano, lo rispettavano, lo lasciavano almeno libero e tranquillo? I suoi contemporanei dietro un'accusa, sulla quale noi non abbiamo oggi gli elementi per poter pronunciare un formale giudizio, ma che ha tutto l'aspetto non solo d'ingiusta ma di assurda, cioè che nella sua carica di appaltatore generale dei tabacchi ei ne avesse fabbricati di qualità nociva, invasero il suo pacifico asilo, mentre egli stava sorprendendo nuovi segreti della Natura. Simile ad Archimede, sollecito più della scienza che di sè stesso, dicesi ch'egli chiese in grazia pochi minuti onde terminare la sua esperienza, ma invano. Lo trascinarono ad un tetro carcere, e di là ad una piazza, dove cadde recisa la sua nobile testa.

O Libertà! Quanti delitti si commettono in tuo nome, esclamava madama Roland, nell' esser condotta al patibolo, sei mesi prima di Lavoisier! Non per questo noi ti malediremo, o libertà; imperciocchè si son commessi dei delitti ben più numerosi dalla tua nemica, la tirannide; e tu, nella tua purezza, sei sacra ed inviolabile, come la vita umana; anzi sei una condizione per rendere la stessa umana vita nobile e desiderabile.

Adesso cercherò, seguendo in parte le dottrine di quella vittima illustre, Lavoisier, di fare in brevi parole aperto come avvenga la combustione, ossia la formazione del quarto fra gli antichi elementi. I corpi atti a bruciare, o combustibili, sono generalmente composti di idrogene, uno dei due elementi dell' acqua, come dissi, e di *carbonio*, principale e quasi totale sostanza del carbone volgare. Queste sostanze combustibili hanno una debole affinità per l' ossigene insino a tanto che elle rimangono fredde; ma quando siano riscaldate ad un grado eminente, esse acquistano tutt' ad un tratto una potentissima affinità per l' ossigene. Allora il gas di questo nome contenuto nell'aria corre rapidamente a *combinarsi* colle molecole del combustibile, per formar con esso nuovi composti, e segnatamente del vapore di acqua coll' idrogene, e del gas acido carbonico col carbonio: i quali nuovi composti, avendo forma aerea, si dissipano invisibili nell' atmosfera: e mentre accade questa *combinazione*, si sprigiona o si produce una viva luce, ed una nuova quantità considerabilissima di calore. Il corpo che ha sofferto questa trasformazione dicesi *abbruciato*. È adunque il fuoco un *risultato* dell' union dell' *ossigene* al corpo abbruciabile o *combustibile*, con isviluppo di *calore* e di *luce*.

Il mezzo più facile, e quindi di gran lunga più comune, di produr in un corpo quell'alta temperatura ossia alto calore che si richiede a render attiva l' affinità di

esso pel gas ossigene, si è di toccarlo o avvicinarlo molto ad altro corpo già acceso, per quanto questo sia piccolo. Siccome questo è già caldissimo, egli riscalda altamente quella porzione cui tocca, o cui è prossimo, dell'altro combustibile: tanto basta perchè l'affinità del gas ossigene con questa porzione del combustibile che si vuol accendere, divenga efficace: allora il gas ossigene è indotto a combinarvisi: ma appena ciò è avvenuto, la nuova parte accesa trae dal suo proprio abbruciamento un tale aumento di calore, che essa stessa riscalda le parti circonvicine quanto si ricerca perchè elleno pure si accendano e ne accendan altre, e così via via, sinchè tutto il combustibile o tutto l'ammasso di combustibili, sia invaso e consunto.

In questa breve analisi che per noi si è fatta dei quattro antichi elementi, abbiam ritrovato quattro sostanze fra loro diverse, l'*ossigene*, l'*azoto*, l'*idrogene*, e il *carbonio*, le quali potrebber quasi in un certo senso rivendicare per loro lo specioso titolo antico di quattro Elementi. Esse sono sostanze veramente elementari o semplici, non forse nella loro intima natura, ma rispetto all'attuale scienza umana; in questo senso che per nessun modo si è potuto riescire ad analizzarle o scomporle; questa qualità è lor comune con altre sostanze cui vedremo, ma le quattro dette vanno innanzi alle altre, sopra tutto l'ossigeno, per la varietà ed importanza delle loro chimiche proprietà, e per la profusione con cui sono sparse in tutti e tre i regni della natura. Come entrino nel regno minerale, cioè nei corpi che furono sempre privi di vita, abbiamo in parte veduto, e vedremo. Quanto ai due regni organici, cioè gli animali e le piante, dico che l'analisi ha dimostrato come i corpi vegetabili son quasi esclusivamente composti di ossigene, idrogene, e carbonio; mentre

i corpi animali contengono precipuamente ossigene, idrogene, carbonio, ed azoto. È dunque l'azoto quel che forma la principal distinzione chimica fra il regno vegetabile ed il regno animale.

Chi è che non conosca il carbone? Ora il *carbonio* dei chimici non è che la parte principale e più grande, anzi poco men che totale, del volgare carbone. Se di questo si abbrucia dove che sia, non rimane alla fine che una certa quantità di cenere grandemente a lui inferiore di peso e di volume (ciò è dire che ella pesa molto meno, e prende assai meno posto). Ov' è dunque ito il di più? Niuno di leggieri s' imaginerà ch'ei siasi annichilato, giacchè è troppo palese che naturalmente è del pari impossibile che il nulla divenga un essere reale, quanto che un essere reale riducasi al nulla. La maggior parte della sostanza del carbone si è combinata all'ossigene dell'aria formando un nuovo composto di forma aerea, o, come si dice, un *fluido aeriforme*, che diviene perciò invisibile. Ma se non è capace di manifestarsi al senso della vista, ben egli dà prova non pure della sua esistenza ma della sua particolare e costante maniera di essere, cimentato che sia con diversi mezzi cui possiede la Chimica, e che qui non sarebbe opportuno esporre. La parte del carbone la quale è scomparsa volatilizzandosi è quella che porta il nome di *carbonio*, ed il nuovo composto che sorge dalla sua combinazione coll' ossigene è il gas acido carbonico.

A non por mente che alle esterne apparenze del carbone e del diamante, chi avrebbe detto mai, chi avrebbe anche sol concepito il più remoto sospetto, che la sostanza ne fosse presso a poco identica? Pur è così. Il limpidissimo, splendente, vago, prezioso diamante è della stessa materia del nero, ruvido, informe, sprezzato car-

bone. Questo è carbonio misto a poche altre materie estranee, quello è carbonio puro. La bellezza, ma molto più la rarità del diamante, gli han fatto assegnare dalla umana follia un prezzo superiore a quello di tutte le altre materie. Il prezzo de' diamanti, come delle altre pietre preziose, cresce non solo al crescere del loro peso, ma in ragione del quadrato di esso peso. Il più gran diamante che si conosca, quello del Raja di Matun nell' isola di Borneo, pesa 300 carati, e si valuta da quattordici milioni di franchi! Quello che era dell' Imperator del Mogol, col fastoso nome di *Kohi-noor*, o montagna di luce, ora appartiene alla Regina d' Inghilterra, e fu stimato da Tavernier più di undici milioni, prima che fosse tagliato ed abbellito, come lo fu nel 1852. Il diamante dell' Imperator di Russia è della grandezza di un uovo di colombo, e pesa 193 carati. (Il carato è prossimamente un quinto di grammo).

Gode pure di una celebrità la quale si attaglierebbe meglio a cose più utili, e non a semplici gingilli come questi, il *Reggente*, che appartenne già ai Re di Francia, e pesa 136 carati. I pregi più serii del diamante consistono nell' esser egli il più duro di tutti i corpi, e nel servire a tagliare il vetro.

Il carbonio impuro, o carbone ordinario, assai più utile del carbonio puro, o diamante, è per buona sorte un prodotto dei più economici. Invano però si è cercato di formar il *re delle gemme* colla scomposizion del carbone o con qualsivoglia altro artificio: i tentativi fattine dai moderni chimici furon meno assurdi, ma del pari infruttuosi che quelli degli antichi Alchimisti per formar il *re dei metalli*.

Vi sono, come dissi, oltre i quattro testè indicati, altri corpi chiamati semplici, perchè la Chimica ha tentato invano di riconoscerne i componenti. La maggior

parte di essi son metalli. I non metallici sono, oltre quei quattro, i nove seguenti: il *solfo*, il *fosforo*, l'*iodio*, il *cloro*, il *boro*, il *fluoro*, il *bromo*, il *silicio* ed il *selenio*. Alcuni, per distinguere dai metalli i corpi semplici non metallici, li chiamano alquanto impropriamente *metalloidi*, parola che per la sua etimologia vorrebbe dire *aventi forma di metalli*.

Lo *zolfo* non ha bisogno di esser descritto: il più utile de' suoi usi è quello che se ne fa nell'economia domestica ad accendere il fuoco ed i lumi: il più pestifero è l'union di esso al carbone ed al salnitro per fabbricare la polvere da cannone.

Il *fosforo* è un corpo singolarissimo che esposto all'aria spande una luce continua, la quale si rende visibile all'oscuro: per questa proprietà egli ha avuto dal greco il suo nome, il qual significa portatore di luce. Quella luce proviene da una lenta e continua combustione. Entra questa sostanza nella composizione dei tanto comodi *solfanelli fosforici*. Trovasi pure naturalmente in molte parti dei corpi animali, segnatamente nelle ossa, dalle quali ora esso si estrae. La scoperta del fosforo risale all'anno 1669, e fu fatta da Brandt, mercante fallito di Amburgo, che si era dato all'Alchimia, sperandone il ristauro di sua fortuna. Egli avea posto in una storta sopra un violento fuoco un miscuglio dove entravano i sali dell'orina umana, e sperava di vederne uscir l'*oro;* invece ne ottenne il fosforo, che in quei sali è contenuto.

Fra tutte le sostanze semplici note ai chimici attuali, una di quelle che han le più potenti affinità per tutte le altre è il *cloro*. Egli è un gas che si estrae dal sal comune, o sal di cucina. Solo da pochi anni si è riconosciuto per un corpo semplice: prima aveva la lunga e sonora denominazione di *gas acido muriatico ossigenato:* l'attual nome deriva, grecamente, dal suo color verde.

Il cloro, or allo stato aeriforme, or disciolto nell'acqua, or combinato colla calce (nel qual caso forma un composto detto *cloruro di calce*) serve in mirabil modo ad imbiancar le fibre vegetabili e le tele, spogliandole del principio colorante cui portano dalla natura, allorchè sono ancor rozze, o detergendole dalle macchie e dalla sudicieria contratte pel lungo uso che se ne sia fatto. Un altro servizio presta all'umanità il cloro come disinfettante. Una fumigazione di cloro fu praticata per la prima volta nel 1769 da Guyton de Morveau, a purgare da esalazioni divenute insopportabili l'aria della Cattedrale di Digione, ove, come direbbe la divina poesia di Ugo Foscolo:

. . . . i sassi sepolcrali ai templi
Fean pavimento, ed agl'incensi avvolto
De' cadaveri il lezzo i supplicanti
Contaminò.

L'*Iodio*, che ad un calore di 180° si solleva in un vapore di bellissimo color violetto, serviva nella Dagherrotipìa, cioè nel mirabile meccanismo inventato originariamente da Niepce de Saint Victor e da Daguerre, onde ottenere ritratti e disegni per l'azione della stessa luce. Esso è oggi di non piccolo uso in medicina, per la sua energica attività sul sistema glandulare.

Il *Fluoro,* noto solo in astratto, il *Boro,* cui il celebre Davy sin dal 1817 estrasse dall'acido contenuto nel borace, il *Bromo* scoperto nel 1826, e così denominato dal greco pel suo fetido *odore,* il *Silicio* che si ricava dalla silice, e cui alcuni riposero trai metalli, il *Selenio,* scoperto dal Berzelius e creduto esso pure dapprima un metallo, sono sostanze di cui non san molto gli stessi Chimici, e delle quali non può caler che pochissimo ai non chimici.

Bensì altamente interessano ogni maniera di persone i metalli propriamente detti, sia a cagione delle loro proprietà, sia per gli eminenti servigi cui rendono alla società umana. Diciam prima qualche cosa delle loro proprietà generali. La prima lor comune qualità si è di essere tutti corpi *semplici*, ossia indecomposti. La scienza però, e prima di lei l'arte, hanno insegnato a farne dei composti che si chiamano *leghe*. Per esempio il bronzo è una *lega* di rame e di stagno. L'ottone è una *lega* di rame e di zinco. I tipi di stamperia sono una lega di piombo e d'antimonio; la saldatura dei lattai e de'piombisti è una lega, fusibile a mediocre temperatura, di stagno e di piombo; l'oro e l'argento delle monete e degli orefici è una lega di rame, in minor proporzione, col rispettivo metallo prezioso. La lega del mercurio con un altro metallo qualunque si chiama *amàlgama*. Tale è per esempio l'amalgama di stagno che produce la riflessione della luce negli specchii ordinarii; l'amalgama di bismuto che dà una così brillante e graziosa apparenza metallica ai globi ornamentali di vetro.

Credesi che tutti i corpi solidi o duri, se si potessero sufficientemente riscaldare, si *fonderebbero* ossia si liquefarebbero. Volgari esempii ne sono la *fusione* del ghiaccio, della cera, dei corpi grassi. Ora tutti i metalli senza eccezione, con maggiore o minor difficoltà, sono *fusibili*. Mercè la fusione si ottengono le leghe. Ma la fusione viene spesso seguita da un fenomeno estremamente bello e maraviglioso: cioè che i corpi fusi, nel freddarsi che fanno, si rappigliano in masse distinte in tante molecole lucide di forme regolari e simmetriche, le quali si scorgono tali col microscopio, ed ancora ad occhio nudo. Tal fenomeno si chiama *cristallizzazione*, ed accade non pure in parecchi metalli, ma in altri corpi. Avvene moltissimi cui la natura ci presenta ella stessa bellamente e variamente *cristallizzati*.

San tutti che i metalli si distinguono dagli altri corpi precipuamente per la loro lucente superficie, quando essi son levigati e puliti. Un altro carattere loro proprio si è d' esser opachi, cioè che guardandoli ancora contro al sole non mostrano alcuna trasparenza.

Tutti i metalli, tranne quelli che si ottengono dalla scomposizione delle terre e degli alcali, hanno un altro carattere distintivo nel loro considerabilissimo *peso specifico;* intendesi con tal nome il peso d' un corpo paragonato a quello di una quantità d' acqua dello stesso volume, o che occuperebbe lo stesso posto. Il legno è d' ordinario, come tutti sanno, più leggero dell' acqua: le terre non pesano il doppio di essa: i marmi non giungono ad aver un peso triplo di lei: le altre pietre più gravi pesano appena quattro volte e mezza come l'acqua: ma dei metalli non terragni nè alcaligni, i più leggeri, come lo zinco e lo stagno, pesano incirca sette volte quanto essa: il ferro circa 8 volte, il rame 9, l' argento un po' più che 10, il piombo più che 11, il mercurio 13 volte e mezza, l' oro puro 19; ed il platino, che è il più compatto di tutti, pesa ben 21 volta il peso dell' acqua, e sino a 22 quando egli è battuto e lavorato.

Quasi tutti i metalli sono grandemente sonori. Due altre loro prerogative rilevanti sono la *conducibilità* del calorico e la conducibilità del fluido elettrico.

Vi sono infine due altri distintivi, che invero non competono se non a pochi metalli, ma da cui dipende l' esser quei pochi di gran lunga più utili degli altri, e sono la *duttilità* e la *malleabilità.* L' esser dùttili consiste nel poter essere tirati in fili lunghi e sottili; e l'esser malleabili sta nel potersi distendere ed appianare sotto i colpi del martello, detto latinamente *malleum.*

Dei 55 metalli cui oggidì conosciamo, soli sette sappiam essere stati noti anche agli antichi, intendo dire

agli uomini prima di Cristo: quei metalli sono: *oro, argento, stagno, rame, piombo, mercurio,* e *ferro.* I chimici degli ultimi secoli fecero a questi metalli una bizzarra applicazione de' nomi dei sette pianeti anticamente conosciuti: l' oro era per essi il *Sole:* l' argento era la *Luna* o *Diana;* lo stagno era *Giove*, il rame *Venere*, il piombo era il lento *Saturno*, l' argento vivo ritiene tuttora il nome di *Mercurio*, il ferro era *Marte*, o il pianeta del Dio della guerra.

Io porto opinione che l' oro sia stato, se non il primo, uno dei primi metalli scoperti. Si sa, infatti, che molti fiumi trascinano, fra le loro arene, dei fragmenti detti pagliuzze, di oro in istato nativo o di purità. Questo metallo per quanto sia esposto all' aria od all'acqua, non si ossida, ma serba intatto il suo splendore. Sarà egli dunque stato più facilmente distinto, e quindi raccolto: ma, con tutto ciò, egli è sempre stato un metallo rarissimo, a cagione della piccola quantità che ne esiste.

L' umana vanità in ogni tempo fu avida di far mostra non solo di ciò che è in sè pregiabile e bello, ma molto più delle cose cui pochi aver possono. Coloro dunque che per propria industria o per retaggio de' lor maggiori, o per superiorità di forza e di prepotenza, o per autorità di comando politico, abbondavano di schiavi, d' armenti, di pelli di fiere, di frutti della terra, volentieri avranno offerto o ceduto alcuna porzione di queste cose in cambio delle leggiadre pagliuole. Allora se ne sarà incominciato a far incetta con maggior cura nel letto de' fiumi e altrove; tanto che la massa del medesimo sparsa nella società si è invero andata sempre aumentando, ma in pari tempo il contagio dell' esempio e il pungolo dell' emulazione ha resa più generale fra i favoriti della fortuna la smania di farne pompa: di maniera che tra per la scarsezza che ve ne ha in natura,

e per la grandissima lunghezza di lavoro che si richiede a trovarlo o a cavarlo, ei sarà sempre stato raro a proporzion della ricerca, e perciò sempre il possessore di una mediocre quantità di esso avrà potuto ottenerne in cambio molte cose necessarie od utili alla vita, or dalla vanitosa opulenza, ora da chi aveva in animo di farne traffico.

Infrattanto però nel cercar l' oro non poteron mancare di trovar altri metalli ed altri minerali, cui in varii modi avran cimentato, speranzosi di ricavarne l' oggetto di loro ricerche.

I più duri di essi avranno incominciato a servire a molti usi, e fra gli altri a lavorare gli stessi metalli. Questi, specialmente ridotti mercè la lavorazione a bella forma e a pulimento, doveano essere in pregio tale, che chi aveva bisogno di una cosa la quale in casa sua non era, avrà trovato comodo di prender seco per andarne in traccia uno o più pezzi di metallo, specialmente se ne aveva del più raro, piuttostochè un altro oggetto più comune e più pesante da offerire in cambio. Or qualche uomo d' ingegno più acuto degli altri dee aver riflettuto che la comodità sarebbe molto maggiore se non vi fosse stato ogni volta da misurare, valutare, o dibattere il peso e la qualità del pezzo di metallo, e che perciò tornerebbe vantaggioso che dei metalli principali si facessero diverse specie di pezzi aventi una comune forma e grandezza, e che avessero improntato un qualche segnacolo autentico della loro buona e non falsificata qualità. Presto o tardi egli od altri avrà dato questo suggerimento a chi reggeva il comune, e tosto o tardi si è trovato chi lo ha compreso e posto ad effetto. Ecco l' origine, tanto probabile che sembra quasi non poter assolutamente essere in altra guisa, delle monete d' oro, d' argento, di rame, di ferro; che di ferro pur ne ebbero gli antichi, se non altro i Lacedèmoni.

Ma in ogni epoca l' oro e l' argento sono stati più belli e più rari assai del rame, dello stagno, del piombo, e del ferro: e il primo molto più raro ancora del secondo: per giunta importante poi i metalli preziosi, particolarmente l' oro, sono fra tutte le sostanze metalliche le più inalterabili all' azione dell' aria e dell'umidità; conseguentemente quelle che più a lungo ritengono la loro lucentezza. Perciò l'oro, monetato o no, ha avuto sempre un valore molto maggior degli altri metalli a *parità* di peso.

I poeti e molti altri scrittori han maledetto all' oro, come a funesta sorgiva di infiniti mali. Quello che merita di esser esecrato non è questo bel presente della feconda natura, ma l' umana viltà che ne abusa. Forsechè se il denaro non fosse inventato, tutto il cumulo di iniquità che per esso commettonsi al mondo, non si commetterebber del pari onde aver immediate le cose che ora per denaro si acquistano? Solo l' umana miseria ci guadagnerebbe per arrota il maggior tempo e la fatica e l' affanno di conservare e di portar con sè altre variabili e voluminose cose da pagamento, e le più frequenti occasioni di inganno e di risse, quando, non come di presente sopra un solo degli oggetti da scambiarsi, ma sopra tutti e due cadesse l' incertezza della buona qualità e della misura. Che se invece di sì belli e comodi metalli fosse possibile che gli uomini si accordassero a dar gran valore a qualche particolare specie di fango, e a farne il rappresentante universale degli altri valori, la terra si coprirebbe ancora di sangue e di delitti per una furia sfrenata di possedere quel fango.

LEZIONE VENTESIMASETTIMA

Chimica *(Parte Seconda)*

TEORIA ATOMISTICA

I corpi elementari, od indecomposti, che sinora si conoscono, ascendono già al numero di 67. Cinquantacinque fra essi sono metalli; de' quali il più importante, come tutti sanno, è il ferro. Sonovi tredici elementi non metallici, impropriamente chiamati *metalloidi*. Fra essi, i quattro più importanti, agli occhi del Chimico, sono l' Idrogene, l' Ossigene, l' Azoto, ed il Carbonio. Io li chiamo *biògeni*, per dar loro un comodo nome comune, ed in allusione al fatto che essi sono i principali componenti dei corpi organici, o corpi dotati di vita (*bios* vita, *gennaô* generare), e ciò con maggiore proprietà di quella con cui si dice, per esempio, *idrogene* (generatore dell'acqua) il meno abbondante dei due elementi dell'acqua, ed *ossigene* (da *oxus*, agro) quell'elemento che entra nella maggior parte degli acidi, ma non in tutti; mentre si è ora scoperto che la presenza dell' idrogene è indispensabile in ogni vero acido.

Tutti i corpi semplici si combinano fra loro in varii modi; ma si è osservato questo fatto curiosissimo ed importante, che le unioni o combinazioni più intime e più perfette avvengono sempre in certe determinate proporzioni, espresse da numeri semplicissimi, analoghe alle proporzioni di peso e di volume cui indicai rispetto alla composizione dell' acqua.

Appoggiati a questo gran fatto, ed a quello delle leggi costanti che regolano la dilatazione dei corpi per effetto del calore, i chimici hanno risuscitato, in modo più probabile e razionale, l'ipotesi di Leucippo e di Epicuro, che fu pur quella dell' antichissimo filosofo Indiano Kanada. Costui insegnò che tutti i corpi dell'Universo sono formati di atomi increati, riuniti a due a due, ed in combinazioni diverse. Come quegli antichi filosofi, i chimici moderni suppongono che tutti i corpi sieno costituiti da innumerevoli particelle cui essi chiamano atomi. Non già che i chimici si prendano il più piccolo pensiero di affermare o negare la dottrina Eleatica, che il mondo sia nato dal fortuito concorso degli atomi: solo trovano che gli atomi, de' quali credono essere attualmente composti i corpi, sono governati da leggi di una maravigliosa regolarità e costanza, sia rispetto alla loro reciproca distanza, sia in riguardo alla loro, pur mutua, attrazione e ripulsione, sia nel modo di affratellarsi fra loro senza confondersi.

Non a caso ho io adoperato questa metafora dello affratellarsi degli atomi: imperciocchè, sebbene essi siano milioni di volte più piccoli di quello che sarebbe necessario per renderli sensibili ai microscopii della più straordinaria potenza, pur nondimeno, a forza di esperienze e di sottilissimi ragionamenti, la Chimica ha potuto scoprire che questi minutissimi atomi formano fra loro delle famigliuole o gruppetti di atomi, insomma le molecole. Le molecole ancora son regolate da leggi di una stupenda immutabilità e precisione.

Non si dà similitudine o paragone perfetto, e nessuno si aspetterà che sia perfetto il paragone che io ho fatto della molecola colla famiglia. Fra le importanti diversità avvi questa, che mentre nella famiglia umana gl'individui presentano tutte le possibili gradazioni di statura, dal neo-

nato al giovine adulto, e dal giovine adulto al vecchio decrepito, tutti gli atomi che compongono una molecola hanno un certo determinato peso, e virtualmente anche un certo determinato volume; come se per esempio nella famiglia il padre fosse sempre invariabilmente alto sei piedi, e pesasse dugento libbre; sua moglie fosse sempre alta cinque piedi, e pesasse 150 libbre, ed i loro figli fossero tutti alti tre piedi, e pesassero 30 libbre per ciascheduno; non un pollice od un'oncia di più o di meno.

Ho detto che gli atomi nella molecola hanno *virtualmente*, non ho detto *assolutamente*, un certo determinato volume: perchè la cosa in realtà avviene come se ogni corpo fosse una grandissima città composta di milioni di case, corrispondenti alle molecole, e tutte queste case fossero perfettamente eguali fra loro, e fabbricate colla stessa architettura: entro a ciascuna camera vi è un solo individuo, che corrisponde all'atomo. Quali siano la precisa statura e la precisa forma di cótesto individuo, noi ignoriamo completamente: ma sappiamo con certezza che la forma della camera da lui abitata è costante. E nondimeno le pareti di questa camera sono puramente ideali; ma qui sta appunto la maggior meraviglia: imperciocchè l'abitatore, cioè l'atomo, si tiene sempre verso il mezzo di questa camera ideale, e non ne varca giammai i limiti, per invadere la stanza dell'atomo suo fratello e vicino; ma ei rispetta, come se fosse dotato di un infallibile istinto geometrico, quelle imaginarie pareti, meglio che se elle fossero di solido diamante e di acciaio. Che se le variazioni della interna temperatura, o della pressione esterna, allargano o restringono una di queste camerette, cioè il volume di un atomo, od una di queste casuccie, cioè il volume di una molecola, tutte le altre camerette, tutte le altre casipole, l'intera città, cioè tutto il corpo, si dilatano o si restringono in egual proporzione:

di maniera tale che tutti gli atomi e tutte le molecole del corpo rimangono sempre alle stesse distanze proporzionali fra loro, e nelle stesse relative posizioni, meglio che le api dentro alle esàgone cellette dei loro alveari.

Il più esperto capitano non potrebbe muovere regolarmente il suo esercito, se non esistesse un grande ordine nella divisione e suddivisione delle sue legioni, delle sue coorti, de' suoi manipoli, delle sue centurie e delle sue decurie. Gli atomi sono in qualche guisa i soldati semplici dell'immenso esercito della Natura; le molecole ne sono le piccole squadre. Sarebbe impossibile l'armonia che regna nei movimenti de' corpi celesti e nell'organismo delle piante e degli animali, se quell'armonia non avesse a fondamento le leggi semplicissime, ma stupendamente precise e costanti, che governano la qualità, il numero, le combinazioni e le reciproche distanze degli atomi: distanze stabocchevolmente piccole, ma pur nondimeno con somma precisione determinate e fissate dalla Natura. Gli atomi, alternamente sferzati e frenati dalle leggi, di cui parlai nella lezione XV, di attrazione e ripulsione, oscillano di continuo e con inconcepibile rapidità fra ristretti limiti al di qua e al di là di quelle precise distanze. L'Universo ricadrebbe nel caos, se gli atomi cessassero per un istante di ubbidire alle leggi che li fanno oscillare fra quegli angustissimi limiti. Fortunatamente gli atomi vi ubbidiscono con maggior precisione di quella con cui il meglio disciplinato soldato alterna i suoi passi coll'arma al braccio, davanti al posto che gli fu dato a custodire.

Rimovete colla punta del vostro piede un poco di fango. Sarete forse inclinati a credere che nulla possa esservi di più irregolare che la composizione, egualmente che la forma, di quel fango. Sappiate nondimeno che quando il chimico si pone ad analizzare quel fango, lo trova fatto di sostanze mescolate bensì fra loro in propor-

zioni variabili, ma ciascuna di queste sostanze è formata di molecole tutte eguali fra loro e con norme stupendamente precise.

Sappiamo tutti, anche senza alcuno studio di chimica, che nel fango vi è dell'acqua; ma non tutti sanno che quest'acqua è formata di innumeraaili molecole tutte eguali fra loro. La loro precisa grandezza non si conosce; non vi è e non vi sarà giammai microscopio che possa arrivare a distinguerle: pur tuttavia, da certe sottilissime considerazioni del Clausius, e da altre più recenti dello Thomson, sopra i corpi diafani, quali sono il vetro, l'acqua, l'aria, e dalla lunghezza delle onde che costituiscono la luce, si argomenta che in una gocciolina d'acqua, grossa come la capocchia di una piccola spilla di ottone, vi sono incirca cinque quadrilioni, dico cinque milioni di milioni di milioni di milioni, di molecole. Con altre considerazioni ancora più positive e più sicure delle precedenti, la chimica ha trovato che un peso qualunque di acqua distillata e purissima, è composta esattamente per una nona parte dell'elemento combustibile che dissi chiamarsi l'idrogene, e, per gli altri otto noni, dall'altro elemento più energico, chiamato l'ossigene.

A forza poi di altre esperienze e di altri raziocinii anche più acuti, benchè un po'meno sicuri, ma ciò non ostante probabilissimi, i chimici sono giunti a persuadersi che ciascheduna delle molecole dell'acqua è composta di un atomo di ossigene, e di due atomi di idrogene. Secondo l'altro ragionamento a cui ho accennato prima, vi sarebbero, in un millimetro cubico di acqua, circa cinque quadrilioni (il 5 seguito da 24 zeri) di molecole. Questo è un còmputo molto all'ingrosso, il quale potrebbe sbagliare anche più del 50 per 100 in più od in meno. Ma pure supponete che una gocciolina d'acqua contenga precisamente cinque quadrilioni di molecole: in tal caso

è certo che gli atomi dell'ossigene che vi sono, si trovano non all'incirca ma esattamente di quello stesso numero di cinque quadrilioni; e quelli di idrogene esattamente il doppio: cioè dieci quadrilioni: neppur uno solo di più nè di meno.

Dal fatto poi incontrastabile che in una quantità qualunque di acqua l'ossigene forma otto noni, e l'idrogene l'altro nono del peso totale, e dalla supposizione probabilissima che ogni molecola è composta di un solo atomo di ossigene, con due atomi di idrogene, se ne deduce che ogni atomo di ossigene pesa sedici volte di più che l'atomo dell'idrogene.

Torniamo al fango cui calpestate o rimovete col piede; o, se volete qualche cosa di più geniale a pensarvi, andiamo ai campi donde quel fango, in tutto od in parte, proviene. La terra coltivabile contiene sempre, oltre l'acqua, tre principali ingredienti solidi, che sono la silice, la calce, e l'allumina. Ora ciascuna di queste sostanze terree è composta in una maniera non meno regolare ed invariabile che l'acqua.

La silice, che costituisce il cristallo di rocca, l'àgata, la sabbia più comune, la pietra focaia, ha in ogni sua molecola due atomi di ossigene con un solo atomo di una sostanza semplice detta silicio. Vedete come gli elementi cangiano di qualità reali ed apparenti nel combinarsi fra loro! L'idrogene e l'ossigene, separati, sono due gas: l'ossigene, ad egual peso, ed a pressione e temperatura normale, occupa uno spazio 855 volte più grande dell'acqua; e l'idrogene ha una densità sedici volte minore di quella dall'ossigene. Riuniti formano l'acqua, la quale ognun vede quanto differisca da un'aria, o gas. Il silicio isolato è un'informe polvere di color nericcio; nondimeno, unito all'ossigene forma la silice, l'elemento solido più abbondante di tutti nel nostro globo, sino a' suoi

più profondi strati conosciuti; e nello stato di purezza la silice ci dà, come dissi, anche l'agata ed il limpidissimo cristallo di monte, annoverati fra le pietre preziose.

La calce, altro ingrediente del fango e delle terre coltivabili, e nota a tutti principalmente per l'uso che se ne fa nelle costruzioni, è composta, in ciascuna delle sue molecole, di un atomo di ossigene e di un altro atomo di un certo metallo leggero, pesando solo una volta e mezzo quanto l'acqua, denominato il calcio. Infine l'allumina, terzo fra gl'ingredienti solidi della terra comune, è così fatta, che ognuna delle sue molecole contiene tre atomi di ossigene e due atomi di un metallo prezioso che da lei prende il nome di alluminio, e che pesa incirca quanto il vetro, o due volte e mezza quanto l'acqua.

Un metallo prezioso fa parte, ed anche parte abbondante, del fango e della terra dei campi! Ciò è indubitato. L'alluminio possiede le più belle e le più utili qualità dell'argento: sventuratamente, ad ugual peso, costa quasi quanto l'argento medesimo, a cagione della grande difficoltà di isolarlo.

L'aria cui respiriamo è, come dissi più volte, un miscuglio di gas ossigene, di gas azoto, di vapore acqueo, e di gas acido carbonico. L'acido carbonico è pure formato con somma regolarità; contenendo in ognuna delle sue molecole due atomi di ossigene, ed un atomo di

Diamante.

Il diamante sparso per l'aria! Ecco un'altra meraviglia anche più grande, ma non meno reale, di quella del metallo prezioso nel fango: basta soltanto che io spieghi che cosa intendo per un atomo di diamante. Intendo un atomo di quella sostanza semplice della quale già parlai, e cui i chimici chiamano *carbonio*. Il re delle gemme, il bellissimo diamante non è che uno special caso di *allotropìa* (altra forma) del carbonio.

E volete sapere approssimativamente in quale quantità il diamante o carbonio si trova presente nell' atmosfera della terra? Per più di un bilione, o milion di milioni, di tonnellate! Un pezzo di carbonio cristallizzato, o diamante, della grossezza di un uovo di colombo, costa molti milioni di lire, ma il carbonio dell' atmosfera ha un pregio ben più reale, e non di fantasia; imperciocchè mantiene la vita delle piante, senza delle quali verrebbe meno la vita degli animali e dell' uomo.

In quella guisa che i chimici ritengono che ciascheduna delle innumerabili molecole dell' acqua contenga invariabilmente un atomo di ossigene e due di idrogene, e che l' atomo di ossigene pesi esattamente sedici volte tanto dell' atomo di idrogene, similmente son persuasi che ogni molecola di acido solforico sia costantemente formata da un atomo di solfo, da due di idrogene, e quattro di ossigene. Così pure, quantunque non si possa conoscere il peso assoluto degli atomi di solfo, si conosce per altro, a forza sempre di esperienze e di raziocinii, che ogni atomo di solfo dee pesare trentadue volte quanto l' atomo di idrogene, ossia esattamente il doppio di quello dell' ossigene. Si ha altrettanto buona ragione di credere che il peso atomistico del carbonio sia 12, prendendo per unità o termine di confronto l' atomo di idrogene; e che il peso atomistico dell' azoto sia 14.

Coerentemente a tali principii, i chimici rappresentano i corpi composti con certi caratteri convenzionali che si chiamano formole chimiche; dove ciascun componente è espresso con una lettera maiuscola iniziale del suo nome, ed il numero degli atomi che compongono ogni molecola, è scritto in alto a guisa degli esponenti dell' Algebra.

Queste formule chimiche corrispondono in parte ad una semplice e fallibile ipotesi; per un' altra a fatti sperimentali incontrastabili. Generalmente le conseguenze pra-

tiche che si deducono da queste formole rimarrebbero giuste e sicure, anche se l'ipotesi alla quale si appoggia la loro forma, più che il loro sostanziale significato, fosse inesatta.

L'uso delle formole chimiche fu inventato ed introdotto da Berzelius, dietro le scoperte atomistiche di Dalton e di Gay-Lussac. Ma parecchi anni prima di tali scoperte, cioè nel 1787, l'Accademia delle Scienze di Parigi approvò un sistema di nomenclatura chimica ideato da Guyton de Morveau sin dal 1782, e che era il più acconcio a rappresentare con elegante metodo le grandi ed allora recenti scoperte di Lavoisier, principalmente rispetto alle combinazioni dell'ossigene cogli altri elementi.

Per esempio, protòssido, deutossido, perossido di azoto; acido nitroso, od azotoso; acido azòtico, o nìtrico, esprimevano altrettante combinazioni di azoto con una quantità sempre crescente di ossigene; il *nitrìto* di potassa era un sale composto di potassa e di acido *nitróso*; *nitràto* di potassa, volgarmente salnitro, era il composto della stessa potassa coll'acido più ossigenato, cioè coll'acido *nitrico*.

Il sistema di nomenclatura testè accennato ha fortemente contribuito ai progressi della Chimica; ma questo stesso progresso è divenuto così grande, che soverchia da ogni parte gli angusti limiti della vecchia nomenclatura. Essa rompe ad un doppio scoglio: è divenuta inesatta in faccia alle nuove teorie della Chimica minerale; le innumerevoli scoperte poi della Chimica organica le sfuggono completamente. I chimici si accordano omai a riconoscere la necessità di un nuovo sistema di nomi, benchè non l'abbiano ancora trovato. Vogliano essi esaminare pazientemente il semplicissimo espediente che sto per esporre. Semplice, come realmente vedranno che egli è, io porto fidanza che possa apprestare qualche agevo-

lezza ad ulteriori progressi di questa scienza, la quale sin d' ora ha già reso dei così numerosi e segnalati servigi alla medicina, all' industria, ed all' agricoltura.

LEZIONE VENTESIMAOTTAVA

Chimica — *(Parte Terza)*

NUOVA NOMENCLATURA

Io propongo un nuovo sistema di nomenclatura chimica, fondato sopra un principio non meno semplice nel suo concetto che facile nella esecuzione, e non pertanto capace di abbracciare tutte le scoperte della Chimica moderna, molto meglio ancora di quanto la nomenclatura francese non fosse atta a rappresentare lo stato della scienza chimica alla fine del secolo scorso.

Il principio consiste nel dare, in certi casi determinati, a ciascuna lettera dell' alfabeto un significato ideografico intero: l' esecuzione consiste nell' esprimere con siffatto mezzo la formola chimica.

I nomi dei quattro elementi biogeni occorrono frequentissimamente anche nella Chimica minerale. Nella Chimica organica occorrono più di frequente essi soli che tutti gli altri posti insieme. Perciò li rappresenteremo nel modo più semplice e più comodo che sia umanamente possibile di ritrovare, cioè con una sola vocale per ciascheduno. Ma non deve essere indifferente lo assegnare a ciascuno di questi importantissimi elementi una piuttosto che un' altra vocale: vogliamo che i nostri nomi aiutino

lo studioso a comprendere non solo la composizione dei corpi, ma anche le intime ragioni di tale composizione, ed a prevedere le reazioni e trasformazioni che se ne possono ottenere. Perciò assegneremo la prima vocale, **a**, all' idrogene, il quale è monoatomico, cioè dotato di un solo grado di forza di affinità: daremo la seconda vocale, **e**, all' ossigene, che è biatomico, cioè dotato di un doppio grado di forza di affinità, e tende il più delle volte a combinare un solo de' suoi atomi con due di idrogene o di altri corpi monoatomici. Per simile ragione daremo rispettivamente le vocali **i**, **o** all' azoto ed al carbonio, perchè nei casi più comuni il primo si mostra inclinato a combinarsi con tre, e l' altro con quattro atomi di idrogene, o di altro elemento monoatomico.

Gli altri corpi, i non biogeni, saranno rappresentati nella composizione di una parola atomica con quattro lettere: la prima sarà sempre la vocale **u**; seguiranno le due consonanti più spiccate del nome latino o latinizzato del corpo; infine una vocale indicante l' atomicità; per esempio *ucr***a**, il c**l**o**r**o; *ups***a**, il **p**ota**s**sio; *urg***a**, l' **arg**ento: tutti elementi monoatomici: *ucl***e**, il **c**a**l**cio; *upr***e** (da *cu***pr***um*) il rame; che sono due metalli biatomici; *uph***ri**, il fosforo; *um***ri** (da *au***r***u***m**) l'oro; che sono triatomici; *usl***o**, il silicio; *umb***o**, il pio**mb**o; che sono tetratomici; ecc.

Soggiungo una tavola comparata dei vecchi nomi latini, e dei nuovi nomi atomici di 32 principali corpi indecomposti, con aggiunta dei loro simboli, e dei rispettivi pesi atomici. Giova il mandar a memoria i pesi atomistici almeno dei quattro biogeni; pesi espressi da numeri di una notabilissima semplicità. Meritano ancora di esser notati i semplicissimi rapporti di multiplo e summultiplo, che intervengono fra i pesi dell' idrogene, dell' ossigene, dello zolfo, del bromio e del mercurio; come pure fra l' azoto ed il silicio.

NOMI ATOMICI

DI TRENTADUE ELEMENTI PRINCIPALI

Nome latino	Simbolo	Peso atomico	Nome atomico
BIOGÈNI			
Hydrogenium	H	1	**A**
Oxygenium	O	16	**E**
Nitrogenium, o Azotum	N	14	**I**
Carbonium	C	12	**O**
METALLOIDI MONOATOMICI			
Chlorum	Cl	35.5	*ucra*
Bromium	Br	80	*ubra*
Iodium	Io	127	*udia*
Fluor	Fl	19	*ufla*
METALLOIDI BIATOMICI			
Sulphur	S	32	*ulphe*
Selenium	Se	79.5	*usle*
METALLOIDI TRIATOMICI			
Borum	B	11	*ubri*
Phosphorum	Ph	31	*uphri*
METALLOIDI TETRATOMICI			
Silicium	Si	28	*uslo*
METALLI MONOATOMICI			
Potassium	K	39	*upsa*
Sodium	Na	23	*usda*
Argentum	Ag	108	*urga*
Rubidium	Rb	85.36	*urba*

Nome latino	Simbolo	Peso atomico	Nome atomico
METALLI BIATOMICI			
Calcium	Ca	40	*ucle*
Barium	Ba	137	*ubre*
Magnesium	Mg	40	*umne*
Cuprum	Cu	63	*upre*
Zincum	Zn	65	*uzne*
Mercurius	Hg	200	*umre*
METALLI TRIATOMICI			
Aurum	Au	196.5	*urmi*
Vanadium	V	68.5	*uvni*
METALLI TETRATOMICI			
Aluminium	Al	27,5	*ulmo*
Plumbum	Pb	207	*umbo*
Stamnum	Sn	118	*usno*
Platinum	Pt	197	*uplo*
Stibium	Sb	122	*usbo*
METALLI di atomicità controversa, o superiore a 4.			
Ferrum	Fe	56	*ufru*
Iridium	Ir	197	*urdu*

Conveniamo, di più, di assegnare dei valori numerici a dieci consonanti, disposte in due gruppi facili a ricordarsi, a norma delle due seguenti tabelle. Starebbero bene stereotipate una in fronte ad ogni pagina sinistra e l' altra in fronte ad ogni pagina destra dei libri di Chimica i quali adotteranno la nostra nomenclatura; almeno sino a tanto che i Chimici non ne abbiano preso tale familiarità da non aver più bisogno di questo aiuto di memoria; come i Greci non avevano mestieri di contar sulle dita per intendere di volo il valor numerale delle lettere del loro alfabeto:

a;	**e**;	**i**;	**o**;	*ucr***a**;	*ucl***e**;	ecc.
idrogene;	*ossigene;*	*azoto;*	*carbonio;*	*cloro;*	*calcio;*	ecc.

b;	**c**;	**d**;	**f**;	**g**;	**l**;	**m**;	**n**;	**p**;	**r**
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	0.

I nomi dei corpi semplici od elementari, saranno rispettivamente **a**, **e**, **i**, **o**, *ucr***a**, ecc. I nuovi elementi da scoprirsi si nomineranno in modo simile, colla vocale generica *u* in principio, seguita dalla prima combinazione binaria di consonanti che non sia ancora stata adoperata; indi dalla vocale corrispondente alla loro atomicità.

I nomi dei corpi composti si desumeranno dalle formole chimiche, rappresentando nel modo dianzi spiegato la qualità degli elementi componenti, e colle consonanti la quantità od il numero rispettivo di atomi che compongono ogni molecola, espresso dagli esponenti nella formola. Allorchè il numero oltrepassa il dieci, si esprimerà con delle combinazioni analoghe a quelle dei numeri arabici. La ripetizione di una medesima vocale, per rendere più pronunciabili le consonanti, o per altro uso, non altera il valore delle altre lettere. La lettera *t* significherà un numero generico; la lettera *s*, al principio o nel corso di

una parola, indica lo stato meramente ipotetico del composto rappresentato. Per esempio *Splandrafnacti* significherebbe una molecola, impossibile, composta di 96,830,482 atomi di idrogene, più quanti si voglia atomi di azoto.

Ho coniato quella fantastica parola al solo oggetto di rendere più sensibile la mirabile fecondità del nostro sistema di notazione numerica, ed anche la sua brevità. Infatti si fa dieci volte più presto a pronunciare quella parola quadrisillaba che a leggere il numero arabico, novantasei milioni ottocentotrentamila e quattrocento ottandue, con le altre parole ordinarie, *atomi di idrogene*, ecc. corrispondenti al significato convenzionale della nuova parola. Le consonanti appartengono a quella vocale colla quale fanno sillaba, secondo le ordinarie regole di sillabazione, come *plan-draf-nac-ti.* Le vocali eguali di seguito si considerano come una sola.

Mi fa per altro d'uopo avvertire che nei nomi degli elementi non biogeni, come *upsa*, *ucle*, ecc., le due consonanti serbano il loro ordinario significato alfabetico, e non assumono il convenzionale nostro valore numerico. È tolto il pericolo dell'equivoco mercè la circostanza che queste due consonanti non numeriche saranno sempre precedute dalla vocale generica *u.*

Ci vuole una regola anche per l'ordine delle sillabe nella parola atomica; credo però che non giovi ora il fissarla interamente, ma che sia da lasciarsi ai futuri chimici la libertà di trar partito dalle molteplici combinazioni che si possono formare colle nostre lettere senza alterarne il valore, e da quelle pur moltissime combinazioni che si possono ottenere interponendo in varii modi, alle quindici lettere nostre, alcune di quelle a cui non abbiamo ancora assegnato un determinato valore ideografico. Più agevole sarà così il far fronte alle imprevedute esigenze che scaturiranno dagli ulteriori progressi di questa scienza.

Tuttavolta io mi astringerò provvisoriamente alle poche regole che sto per dire: 1°. Allorchè avvi nel corpo composto un elemento non biogene, ne relegherò il nome abbreviato, ma aspro anzichè no, alla fine della parola; 2°. Raddoppierò, al principio del nome degli acidi, la vocale che indica l'elemento acidificante, **e** ossigene, od **a** idrogene, ma con interposizione di consonante.

In simil modo raddoppierò la vocale finale, ma senza consonante interposta, nei composti fortemente elettropositivi in paragone della maggior parte degli altri, o che, insomma, sogliono esercitare in grado eminente la funzione bàsica, ed opposta a quella degli acidi: 4°. I nuovi nomi atomici da sostituirsi ai vecchi nomi degli alcaloidi organici, e ad altri terminati in *a*, avranno pure in fine il nostro **a** che significa l'idrogene, e ben anche l'**i** prima dell'**a**, se avvi l'azoto; onde ricordare in qualche guisa l'antica desinenza in **ina**, come *anilina*, *cafeina*, *populina*, ecc. supponendo che questa desinenza, nei nomi antichi, non sia interamente arbitraria. 5°. Seguirò generalmente, negli altri casi, l'ordine inverso delle atomicità, cioè porrò l'**o** prima dell'**i**, questo prima dell'**e**, ecc. Infine 6°. postergherò non di rado quest'ultima regola per servire all'eufonia, e per evitare una noiosa monotonia, specialmente nelle serie chimiche.

Non vogliamo lasciar in ozio neppur l'accento. Esso indicherà lo stato fisico del corpo alla temperatura ordinaria di dieci gradi; solido, liquido, od aeriforme, secondochè egli cadrà sull'ultima, penultima, o terzultima vocale.

Veniamo omai a degli esempi pratici, incominciando dalla più comune e più importante delle combinazioni binarie: l'acqua. Ben s'intende però che le cerchiamo un nuovo nome, soltanto pel caso in cui ci sia bisogno speciale di far rilevare la sua composizione chimica. Nei

A;	E;	I;	O;	*ucra;*	*ulphe.*
H;	O;	N;	C;	Cl;	S.
idrogene;	*ossigene;*	*azoto;*	*carbonio;*	*cloro;*	*solfo.*

casi ordinarii credo che i chimici farebbero cosa saggia adoperando almeno quei pochissimi nomi popolari che hanno un senso chimico abbastanza chiaro e preciso, come acqua, vapore, ghiaccio, ferro, acciaio, bronzo, calce, alcool, ètere.

Si sa, come dissi, che ogni molecola di acqua è composta di un atomo di ossigene, e di due d'idrogene: onde la sua formola chimica è H^2O, ovvero OH^2; saranno dunque, nel nostro linguaggio atomico:

Bèca — l'acqua liquida;
Bèaca — il vapore;
Becà — la neve;
Cabè — il ghiaccio.

Considerate un poco quante cose insegna, o ricorda, quel brevissimo nome bisillabo *bèca!* Vi dice: 1°, che vi è dell'ossigene, **e**; 2°, che vi è dell'idrogene, **a**; 3°, che vi è, in ogni molecola, un solo atomo del primo, *b*; 4°, che ve ne son due del secondo, *c*; 5°, che non vi è alcun altro elemento, poichè non avvi alcun'altra vocale; 6°, moltiplicando gli esponenti b, c, ossia 1, 2, pei relativi pesi atomici dell'idrogene e dell'ossigene 1, 16, se ne ritrae che l'ossigene forma esattamente otto noni, e l'idrogene l'altro nono del peso totale dell'acqua; 7°, che si tratta di un corpo liquido, a temperatura e pressione ordinaria, essendo l'accento sulla penultima sillaba; 8°, il primo elemento è biatomico, essendo rappresentato dalla seconda vocale dell'alfabeto; 9°, l'altro elemento è monoatomico, poichè è rappresentato dalla prima vocale alfabetica; 10°, l'acqua è un corpo perfettamente sàturo,

b;	*c*;	*d*;	*f*;	*g*;	*l*;	*m*;	*n*;	*p*;	*r*.
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7:	8;	9;	0.

ed insieme di una delle più semplici composizioni; imperciocchè due atomi monoatomici si equiparano esattamente ad un solo atomo biatomico. 11°. L' acqua deve perciò essere uno dei corpi chimicamente i più stabili, quindi anche dei più abbondanti in tutti e tre i regni della natura. Andate a domandare alla vecchia nomenclatura se essa saprebbe dirvi tante cose, non con quattro sole lettere, ma con quattro delle sue più lunghe parole.

Ed ora, o lettore, chimico o non chimico, ti voglio condurre ad una duodecima riflessione, dipendente, non dalle storte e dai matracci, ma dal semplice senso comune. È stata la santa Natura che ha fatto l' acqua in modo da dovere il suo nome atomico essere scritto precisamente *bèca,* e non altrimenti. Guai a te se la scriveva diversamente! Tu non esisteresti.

Come vedemmo testè un primo esempio di nome atomico, in quello dell' acqua, vediamone ora qualche altro esempio, dapprima di composizioni binarie, poi di composizioni un poco più complicate. Non istarò a fare intorno a ciascuno dei nuovi nomi tutte le osservazioni cui dianzi ho fatte intorno dell' acqua; ma come avete potuto convincervi che quel semplicissimo nome *bèca*, in sole quattro lettere, vi somministra non meno di undici cognizioni chiare, precise, ed importanti, così colla vostra sola riflessione potete ricavare altrettante o maggior numero di cognizioni da ciascheduno dei nuovi nomi atomici che vi verrò ponendo innanzi.

L' ammoniaca, quel potente àlcali volàtile, che col suo odore pungente, ed anche nauseoso, richiama all'uso dei sensi gli svenuti, è il più semplice ed il più comune di tutti gli **ai**, voglio dire di tutte le combinazioni del-

A;	E;	I;	O;	*ucra;*	*upsà;*	*uclè.*
H;	O;	N;	C;	Cl:	K;	Ca.

l'idrogene coll'azoto, come l'acqua è il più semplice ed il più comune di tutti gli **ae**. Ogni molecola della ammoniaca è composta di un atomo di azoto, e tre di idrogene; infatti la sua formola è NH^3. Il suo nome atomico più semplice sarà dunque **bida**. Ma siccome allo stato di purità, ed a pressione ordinaria, ella è aeriforme, ossia gas, e di più è un *àlcali*, ossia ha un'energica affinità pegli acidi, ed un'azione chimica opposta alla loro, restituendo, per esempio, alla natural condizione i colori vegetabili rivolti al rosso dagli acidi, così scriveremo e pronuncieremo, secondo le nostre regole:

bìdaa.

Il più semplice e più comune degli *ao* è il gas delle paludi, di cui la formola è CH^4; cioè ogni molecola contiene un atomo di carbonio e quattro di idrogene; dunque il suo nome, per noi, sarebbe **bofa**; ma per indicare lo stato aeriforme, replicheremo una vocale, onde poter rendere sdrucciola la parola, e diremo:

bòafa.

Facile è lo scorgere che anche questo è un corpo sàturo, poichè i quattro atomi di idrogene, **fa**, soddisfano la quadrupla affinità dell'unico atomo di carbonio **bo**, il quale è quattratomico, come indica la vocale **o**, quarta dell'alfabeto.

Soggiungo altri esempii di combinazioni poco complicate, e fra esse di alcuni acidi, i cui nomi, secondo il nostro convenuto, saran distinti mediante la replica della vocale al principio di parola, con interposizione di consonante. Noi non abbiamo però bisogno dei lunghi prefissi di protossido, perossido, nè delle desinenze in *oso* od in *ico*, per mostrare che un dato composto contiene più o meno

b;	*c;*	*d;*	*f;*	*g;*	*l;*	*m;*	*n;*	*p:*	*r.*
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	0

ossigene di un tal altro; imperciocchè non solo il più od il meno in generale, ma anche il preciso numero degli atomi di ossigene cui ogni corpo contiene, ci verrà brevissimamente, ma fedelmente additato dalla consonante premessa alla vocale **e**. La distinzione degli acidi idrati dagli anidri, per noi risulterà chiarissima e comodissima dal semplice fatto della presenza o mancanza della vocale **a** nella parola atomica. — Nei nomi atomici degl' idracidi si replicherà in principio la vocale **a**, indicante l' idrogeno; negli ossiacidi l' **e**. Ecco gli esempi:

1. Protòssido di azoto. **ciebe** .... N^2O
2. biossido di azoto . **bìebe** .... NO
3. ipoazotide ..... **bìce** .... NO^2
4. anidride azotosa . . **dèci** .... O^3N^2
5. anidride azòtica . . **gecì** .... O^5N^2
6. acido azotico. . . . **edebìba** ..... O^3NH
7. azotato di potassio **bidebupsà** . . . NO^3K
8. cianògene ..... **còici**......... C^2N^2
9. gas acido carbonico **ècebo** .... O^2C
10. calce .... **bebucleè** .... OCa
11. carbonato di calce . **bodebuclè** . . . CO^3Ca
12. acido idroclorico. . **abàbucra** .... HCl
13. cloruro di sodio. . **busdabucrà** . . . $NaCl$
14. acido idrocianico . **ababòbi** ..... HCN
15. acido cianico . . . **ebebabòbi** . . . $OHCN$
16. urèa .... **bobecifà** ..... CON^2H^4.

È facile il vedere come i nomi nuovi generalmente sono più brevi dei vecchi. I nuovi sono persino più brevi della formola, se non nello scritto, almeno nella lettura.

Nondimeno anche i nomi nuovi potrebbero qualche

A;	E;	I;	O;	*upsa;*	*uclè.*
H;	O;	N;	C;	K;	Ca.

volta riuscire di incomoda lunghezza: ma nulla osta che si possano dividere in due: a cagion d'esempio *ebe babòbi; bobe cifà; busda bucrà;* ecc. Ma per la comodità degli scienziati, o più ancora per quella del popolo, il quale è a desiderarsi che prenda familiarità colle nozioni più elementari di Chimica, la nostra nomenclatura avrà l'analogo dei pronomi della grammatica. Per ripetere più abbreviatamente l'espressione di un composto chimico, prima indicato col suo nome intero, ed in generale quando per le circostanze non avvi pericolo di equivoco sostituendo il nome sistematicamente abbreviato, al nome intero, si formerà una specie di pronome chimico di due sillabe, di cui la prima sarà una semplice vocale, con che si distinguerà dagli ordinari nomi dissillabi, e tutte e due le sillabe saran formate in guisa da ricordare il più prossimamente che si può, il suono materiale della parola intera, e le due parti più importanti del composto chimico. A cagion d'esempio potrà dirsi: *èca* per *bèca; ìda* per *bidàa; òce* per *ècebo; ìba* per *edebìba; oclè* per *bodebuclè; òbi* per *ebebabòbi; òla* per *becòla.*

Torniamo ai nomi atomici interi. Ardisco di proporvi un curioso esperimento didattico. Domandate a dieci, a cento, se volete, fra medici e farmacisti, quale sia la precisa composizione chimica di quei sedici corpi, cui loro nominerete all'antica. Tutti questi medici e farmacisti, senza eccezione, sapranno dirvi bravamente qualche cosa di questo genere: che l'acido azotico, in addietro chiamato anche acqua forte, ed acido nitrico, è più ossigenato dell'acido azotoso; e che l'azotato è fatto coll'acido azotico, mentre l'azotito, se ci fosse, sarebbe fatto coll'azotoso: ma se incalzate la domanda, e li

b;	*c*;	*d*;	*f*;	*g*;	*l*;	*m*;	*n*;	*p*;	*r*.
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	0.

invitate a precisarvi quale e quanto sia cotesto più e cotesto meno, vi accorgerete dapprima che lo speziale vecchio ed il vecchio medico non sanno affatto che roba sia l'anidride; i loro più giovani colleghi vi sapranno dire speditamente che manca in essa l'idrogene, ma che questo fa parte esenziale dell'acido vero. In quanto poi alla precisa proporzione di questi elementi, neppur dieci tra vecchi e giovani, ve lo saprebbero dire.

Ma voi chimico di una o due ore, quante ne avete impiegate a leggere queste mie due lezioni, purchè vi ricordiate che **a** è l'idrogene, **e** l'ossigene, **i** l'azoto, **o** il carbonio, *ucra* il cloro, *upsa* il potassio, *ucle* il calcio, che **b**, **c**, **d**, **f**, **g**, ecc., significano rispettivamente 1, 2, 3, 4, 5, ecc., che l'accento sull'ultima indica il solido ecc., troverete con somma facilità e la composizione, e lo stato fisico di ciascheduno di quei corpi, soltanto che ne ascoltiate o ne leggiate il nome atomico. Non voglio già affermare che con ciò voi chimico di due ore ne sappiate più del chimico di dieci anni: costui saprebbe dire, e quel che più importa, *fare,* con questi stessi corpi, moltissime cose che voi non sareste capace nè di dire nè di fare: se egli però avesse imparata la chimica colla nostra nomenclatura atomica, questa al certo non gl'impedirebbe di conoscere le altre cose cui conosce: ma gli torrebbe di averne dimenticato alcune pur molto importanti, cui la nomenclatura vecchia non lo aiuta punto a ricordarsi.

Ardisco andare più oltre, e dirvi che questi nomi atomici, da essi soli, possono svelare a voi che non avete mai voltato il cartone di un trattato di chimica, alcuni dei misteri della chimica moderna, cui il vecchio farmacista

A;	E;	I;	O;	*upsà;*	*uclè;*	*ucra.*
H;	O;	N;	C:	K;	Ca;	Cl.

non conobbe mai. A cagion d'esempio confrontate il nome atomico dell' acido *edebìba*, detto volgarmente acqua forte, con quello del sale *bidebupsà*, detto volgarmente salnitro: vi accorgerete facilmente che, nella conversione dell' acido in sale, è scomparso dal primo quell' unico atomo *ba* di idrogene che egli aveva, ed in suo luogo è sottentrato un atomo del metallo potassio, *bupsà*, il quale è un altro elemento monoatomico, come indica la vocale ultima del suo nome. Eccovi uno dei più semplici e chiari e facili casi del grande principio di sostituzione, scoperto da Laurent e da Gerhardt, ed ora abbracciato da tutti i chimici.

Se foste più provetto nella teoria atomistica, rilevereste, dalla forma stessa del suo nome atomico, che questo sale è tuttavia lungi dall'essere un corpo perfettamente sàturo, e che quindi deve avere poca stabilità. Vi riuscirebbe allora più agevole il comprendere le terribili esplosioni che nascono colla polvere da cannone, composta di *bidebupsà*, o salnitro, di *o*, ossia di carbone, e di *ulphè*, ossia di zolfo.

Signori chimici, io non ho l' onore di essere del vostro numero: ma nemmeno Guyton de Morveau era un chimico di professione; era un avvocato! E non pertanto lo studio indefesso da me fatto in tutta la mia vita dei principii fondamentali di varie scienze mi rendono ardito a dirvi con sicura fronte: che studiandoci un secolo non arriverete mai a mettere insieme un sistema di nomenclatura chimica radicalmente migliore di quello cui vi prego di voler prendere in considerazione; non già perchè alcuni di voi non abbiano il necessario ingegno inventivo, e tutti poi la scienza più che sufficiente, per

b;	*c*;	*d*;	*f*;	*g*;	*l*;	*m*;	*n*;	*p*;	*r*.
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	0.

combinare le poche idee che ho io avuto la fortuna, più che il merito, di rivolgere in mente pel primo: ma soltanto perchè è nella natura delle cose che non possa esistere un più acconcio, nè più semplice metodo di nomenclatura chimica, di quello che traducendo le formole in linguaggio ideogrammico.

Reputo difficile, ma non impossibile l'applicare un sistema analogo di nomi ad altre scienze; ed io stesso, in un'opera da me pubblicata alcuni anni sono in lingua inglese (*), ne feci l'applicazione alla nomenclatura delle stelle fisse: applicazione cui farò pure più avanti nella presente opera: ma la Chimica sembra nata, in qualche guisa, per questo metodo di nomenclatura: imperciocchè da una parte lo scopo di lei più esenziale è quello di scoprire la composizione dei corpi; e per altra parte la Natura segue, nella composizione dei corpi, delle regole numeriche di una stupenda semplicità e precisione.

Se il sistema della nomenclatura atomica fosse cattivo, non manchereste di rigettarlo, anche proposto da uno dei vostri: se egli è intrinsecamente buono, cesserà egli forse di esserlo perchè viene da un mediocre matematico, e non da un chimico?

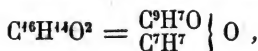
Concedetemi questa libertà di dire, o Signori: la più grande, anzi la sola seria difficoltà cui possa incontrare la nuova nomenclatura, è la *routine* od abitudine vostra del vecchio linguaggio: ma per quella tenuissima fatica cui vi costerebbe l'adottare il nuovo, vorreste voi togliere ai vostri allievi ed ai vostri successori i vantaggi cui

(*) Miranda, Vol. II.

A;	E;	I;	O;	*ucra;*	*uclè;*	*uphri.*
H;	O;	N;	C;	Cl;	Ca;	Ph.

ne potranno ritrarre? Vorreste privar voi stessi della maggior facilità che vi troverete nell' impartire agli altri le vostre proprie cognizioni?

So bene che potreste opporre alla nuova nomenclatura la difficoltà di distinguere i corpi isomeri; ma vi sono più modi di vincere tale difficoltà. Potete *in primo* luogo citare la provenienza. Per esempio sapete che vi sono molte essenze, realmente diverse, ma che hanno comune la combinazione di 16 atomi di idrogene con 10 di carbonio, ossia $H^{16}C^{10}$. Il loro comune nome atomico sarebbe dunque **balbor**; ma vi è facile il distinguerle una dall' altra, dicendo balbor di trementina francese, balbor di trementina americana, balbor di cedro, di bergamotta, di cubèbe, di pepe, ecc. Potete ancora distinguere uno dall' altro i varii isomeri cangiando l' ordine delle lettere senza alterarne il valore individuale; come *bàlbor, balàbor, bòrbal,* ecc. Si possono formare più di 100 di siffatte combinazioni di lettere, sempre esprimendo la stessa combinazione di elementi chimici. Quando poi siete sicuri dell' ordinamento diverso degli atomi nella molecola, potete esprimere questa diversità nei rispettivi nomi atomici. Per esempio se, come opina il Piazza, la *cinnamèina* è un cinnamato di benzile, ossia

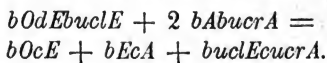
$$C^{16}H^{14}O^{2} = \left.\begin{matrix} C^{9}H^{7}O \\ C^{7}H^{7} \end{matrix}\right\} O \; ,$$

noi potremo dire:

bOlbAfcE *eguaglia* **pOmAbE mOmA bE.**

Più generalmente, tutto ciò che voi esprimete nelle formole ipotetiche, dette razionali, e nelle equazioni chimiche, si può tradurre fedelmente e completamente coi

b:	*c*;	*d*;	*f*;	*g*;	*l*;	*m*;	*n*;	*p*;	*r*.
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	0.

nostri nomi atomici. E questi avran sempre due vantaggi sulle formole, brute, o razionali: saran più facili a ricordarsi, e più brevi a leggersi. Che se volete che la formola verbale, oltre al parlare all'orecchio parli in qualche guisa anche agli occhi, come le formole ordinarie, scrivendo sulla lavagna o stampando nei libri le formole razionali e le equazioni, secondo il nostro nuovo linguaggio, fate in maiuscolo le vocali che indicano i quattro biogeni, egualmente che la vocale finale dei non biogeni, corrispondente alla loro atomicità. Le altre lettere siano in carattere distinto, ma minuscolo, e le sillabe ordinate in guisa da facilitare il confronto, e senza curarsi degli accenti, nè del raddoppiamento delle vocali per gli acidi, o per le basi. Valga per esempio l'equazione che esprime l'estrazione dell'**èbeco**, o gas acido carbonico, dal **bodebuclè**, o carbonato di calce, mediante la reazione, sopra questo, dell'**abàbucra**, o acido idroclorico, con che i due composti originali si risolvono in gas acido carbonico, da noi chiamato *boce* od *èbeco*, in **bèca**, o acqua, ed in **buclecucrà**, o cloruro di calcio.

bOdEbuclE + 2 *bAbucrA* =
bOcE + *bEcA* + *buclEcucrA*.

Sarà ben facile al maestro, coll'aiuto di questa formola, lo spiegare a'suoi allievi non solo l'avvenuta trasformazione, ma le ragioni di essa. Sarà agevole il far comprendere che, come si bilanciano le partite in un ben tenuto libro di ragionerìa a scrittura doppia, così tutti gli A, gli E, gli O, gli *ucle* e gli *ucra* si trovano presenti collo stesso numero di atomi tanto nel primo quanto nel secondo membro dell'equazione; i due *ba* del primo, per esempio, equivalgono al *ca* del secondo, ecc.; che

A;	E;	I;	O;	*ucra;*	*uclè;*	*uphrì;*	*udia.*
H;	O;	N;	C;	Cl;	Ca;	Ph;	Io.

tutti e tre i composti binarii del secondo membro sono corpi saturi, poichè nel *boce* i due e biatomici del *ce* satollano l'unico o, quattratomico, del *bo;* nella *beca* i due atomi monoatomici *ca* saturano l'atomo biatomico *be;* e così nel *buclecucra* i due atomi monoatomici del *cucra* satollano l'atomo biatomico *bucle;* infine che si sono qui verificati due aforismi i quali fanno presagire le trasformazioni chimiche, cioè che i composti più complicati, o meno saturi, come il *bodebuclè,* tendono a cedere il posto ad altri meno complicati, e più perfettamente saturi. Insomma la nuova formola, in sedici sole sillabe, ci insegna tre o quattro volte di più che la vecchia formola tre volte più lunga della nostra:

E perchè dunque vorreste preferir quella a questa? Forse perchè vi pare che i nomi vecchi parlino più chiaro alla vostra mente che i nuovi: ma è una pura illusione, od un effetto dell'abitudine. Avvezzatevi per pochi giorni alla nuova nomenclatura, e questo nome, così breve, di *ècebo* richiamerà al vostro spirito tutte le idee ora associate alla lungaggine delle due frasi: *gas acido carbonico*, o *anidride carbonica;* insieme con altre idee, intorno alle quali queste vecchie denominazioni sono mute. Ridete, o lasciate ridere del *dèci* e dell'*ècebo;* i nostri posteri rideranno, dal canto loro, della vostra anidride azotosa, e della carbonica. (*)

(*) Le parole *anidro,* ed *anidride* indicano semplicemente l'assenza dell'acqua, e dell'idrogene. Che bisogno abbiam noi di queste lunghe, ed oscure parole? Noi indichiamo con precisione la stessa cosa in una maniera così breve che sarebbe rigorosamente impossibile il trovarne una più breve: colla mancanza della vocale *a* nella parola atomica.

b;	*c*;	*d*;	*f*;	*g*;	*l*;	*m*;	*n*;	*p*;	*r*.
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	0.

Affin di rendere più agevole il passaggio dalla nomenclatura ordinaria alla nomenclatura atomica, io proporrei un' altra cosa: cioè di salvare provvisoriamente la parte migliore del vecchio bagaglio, associandolo al nuovo, in via di sinonimia. Dite per esempio:

bòcbe, o gas ossido di carbonio . . . CO
ècebo, o gas acido carbonico . . . . . O^2C
fobèbar, o étere . . . . C^4OH^{10}
ofbèbar, o alcool butilico . . . . . . C^4OH^{10}
oncefibrà, o cafeìna . . . . $C^8O^2N^4H^{10}$
dodèna, o glicerìna . . . . $C^3O^5H^8$
mònă, o toluène. . . . . C^7H^8
olbìma, o anilina . . . . C^6NH^7
lòla, o benzina . . . . C^6H^6
mocèna, o saligenina . . . . $C^7O^2H^8$
celocibàr, o gelatina . . . . $O^2C^6N^2H^{10}$
dabùphri, o idrogene fosforato . . . H^3Ph
eceda buphrì, o acido ipofosforoso. . H^3PhO^2.

Dopo che, per un certo periodo di tempo, avrete pronunciati insieme il primo ed il secondo nome di una di queste coppie, tutte le idee ora associate al secondo nome si troveranno direttamente associate col primo: per esempio quella paroletta così snella di *lòla*, non solamente vi ricorderà la combinazione di sei atomi di carbonio con sei di idrogene, di che il vecchio nome di benzina non vi dice nulla, ma il vostro pensiero correrà da sè a schierarvi dinanzi alla mente la grande volatilità di quel liquido, la facoltà di sciogliere i corpi grassi; la comodità, che nasce da quelle due proprietà, di levar le macchie untuose; l'uso, anche più importante, che se ne

A;	E;	I;	O.
Idrogene;	*Ossigene;*	*Azoto;*	*Carbonio.*

fa, per la formazione dell' *olbima*, od *anilina*, madre di splendidi colori nella moderna tintorìa; e tutte le altre qualità cui ora conoscete o scoprirete in seguito nel corpo da voi ora chiamato benzina. Questo vecchio nome vi parrà allora un ingombro peggio che inutile, e lo lascierete cadere.

Dico che vi parrà peggio che inutile, perchè le etimologìe di quelle parole benzina, anilina, come di tante altre dello stesso stampo, son oscure od inesatte. Questi due liquidi, così preziosi nell' industria, si estraggono ora, lo sapete meglio di me, dalla pece di carbon fossile, non dal belzoino o dall' *anil.* Ma poi, quanti sanno che cosa sia l' anil? Non lo saprei neppur io, se per accidente non l' avessi trovato in un libro inglese: è una parola indostanica, che vuol dire indaco. Se Davy avesse scoperto uno dei due elementi del sale marino, o sal comune, in una qualunque vivanda salata, ed invece di dargli, come fece, il bel nome di cloro, gliene avesse dato un altro allusivo all' origine accidentale della sua scoperta, ma preso da una lingua Asiatica, egli non avrebbe eccitato le risa degli ignoranti, ma avrebbe meritato quelle dei veri dotti, più ancora che s' ei l' avesse direttamente e grossolanamente chiamata *la salamìna.* Almeno ci sarebbe stato il vantaggio dell' intelligibilità. Molte, pur troppo, delle etimologie della vecchia nomenclatura non valgono in sostanza nulla di meglio dell' esempio ideale che vi ho addotto.

Ora torno a voi, miei buoni lettori della maggioranza. Non crediate che tutti i nomi della chimica organica, in mancanza di una etimologia chiara e verace, sieno almeno così lisci da pronunciare, come sono per esempio

b;	*c;*	*d;*	*f;*	*g;*	*l;*	*m;*	*n;*	*p;*	*r.*
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	0.

anilina, benzina, cafeina ecc. Fate di grazia il confronto fra i nomi atomici ed i nomi ordinarii nei seguenti esempii:

bomocebàn, carboxylato ethyldibenzylico . $C^{17}O^2H^{18}$
fopabudia, ioduro butilico terziario. . . . C^4H^9Jo
colabusle, mercaptan seleniato. . . . . . . C^2H^6Se
ece bafbòg, acido carboxylico dibenzilico . . $O^2H^{14}C^{15}$
ece bilobaf, acido oxycoproamidico . . . . $O^2NC^6H^{14}$
ele bilopa, acido triglycollamidico . . . . . $O^6NC^6H^9$
fobena, acetone acetopropionico . . . . . . C^4OH^8
benona, aldeide toluica. . . . . OC^8H^8
lolàce, pyrocatechina. . . . . $C^6H^6O^2$
locèna, homo-pyro-catechina. . . . . $C^6O^2H^8$

Sentite quest' altro, e provatevi a ripeterlo tutto in un fiato, se siete capaci:

Idrato di tetretilpropilbutilamilammonium.

Il corrispondente nome atomico non è invero dei più gentili fra i nostri, ma sicuramente meno atto ad esaurire le forze vocali di un uomo, che quella fenomenale catasta di diciassette sillabe.

Il nome atomico è: **bofbibedàd.** Sapreste da voi cavarne la formola corrispondente $C^{14}NOH^{33}$; cioè la molecola di questo corpo contiene 14 atomi di carbonio, uno di azoto, un altro di ossigene, e 33 di idrogene. Il pronome chimico potrebbe essere più brevemente *odàd.*

Facilissimo poi ci sarebbe l'esprimere al modo nostro la gratuita ipotesi corrispondente a quel mostro di nome: ma l'ipotesi, in sè stessa, è sommamente improbabile; poichè non corrisponde che ad una sola fra lo spaventoso numero di combinazioni che si possono fare con

quei 49 atomi. Una simile improbabilità si verifica pure, in minore ma considerabilissimo grado, per la maggior parte delle altre pretese formole razionali.

Quattro nomi agglomerati in quel mostruoso parolone appartengono alla famosa serie chimica detta dei radicali alcoolici e monoatomici; serie la quale sostiene una parte grandissima nella nuova teoria chimica, ed è intimamente legata ad altre serie non meno importanti. Ora, per farvi meglio toccar con mano i vantaggi pratici della nuova nomenclatura, e per aprirmi l'adito a spiegarvi qualche altro mistero di Chimica, vi trascriverò i nomi dei quattro primi termini di sei fra quelle serie, prima nel vecchio, poscia nel nuovo linguaggio:

Metìle, etìle, propìle, butìle;
metilèno, etilèno, propilèno, butilèno;
idruro di metìle, di etìle, di propìle, di butìle:
alcool metìlico, etìlico, propìlico, butìlico;
aldèide fòrmica, acètica, propiònica, butìrica;
àcido fòrmico, acètico, propiònico, butìrico.

Se volete rinnovare il mio esperimento coi farmacisti giovani e vecchi, non fo loro torto a predire che la maggior parte anche dei giovani, peggio poi dei vecchi, si troverebbero impacciati a dirvi la precisa composizione chimica di questi 24 corpi, cotanto celebri ed importanti nella Chimica moderna.

Ma se io vi dico i 24 nomi atomici corrispondenti, e se vi ricordate i valori convenzionali delle lettere nella nostra nomenclatura, novizio come siete, non avrete bisogno che di un poco di pazienza per saper trovare da voi, senza maestro, l'esatta composizione di ciascheduno. Per maggior sicurezza vi ripeto le indicazioni generali:

a ;	**e** ;	**i** ;	**o** ;
idrogene ;	*ossigene ;*	*azoto ;*	*carbonio.*

b, **c**, **d**, **f**, **g**;	**l**, **m**, **n**, **p**, **r**.
1, 2, 3, 4, 5,	6, 7, 8, 9, 0.

L'accento sull' ultima vuol dir solido: sulla penultima, liquido; sulla terz' ultima gaz. La presenza della lettera *s* nel nome atomico indica lo stato ipotetico, ma non ancora isolato nè verificato, del corpo.

La ripetizione della vocale non altera il valore suo, nè delle consonanti, ma se la vocale ripetuta comincia la parola, indica un acido.

Ecco ora i primi nomi atomici delle sei serie;

boda, gaco; doma, pafo:
bòsaca, fàoco; dòala, nàofo:
bòafa, làoco; dòana, bàrafo.
bobéfa, becòla; benàdo, ofbèbar:
bobèsca, becòfa; belàdo, ofbèna:
ece bocà, ece cofà; ece ladò, ece fonà.

Se volete ben anche i nomi atomici generici, è facile il coniarne dei molto più istruttivi che i nomi vecchi; naturalmente però i nuovi vi parranno più strani, giusto perchè son nuovi. Accordiamoci a significare colla lettera *t* un numero qualunque, e colle sillabe *cu, du, fu,* ecc. la moltiplicazione per 2, 3, 4, ecc.

Radicali monoatomici	C^tH^{2t+1} . .	*batòcuta*
Idrocarburi	C^tH^{2t} . . .	*tòcuta*
Idrocarburi sàturi . .	C^tH^{2t+2} . .	*catòcuta*
Alcool	C^tOH^{2t+2} .	*cabetòcuta*
Aldeidi	C^tOH^{2t} . .	*betòcuta*
Acidi aldeidici	$C^tO^2H^{2t}$ . .	*ecetòcuta.*

Batti, ma ascolta, diceva Temistocle. Ridete, ma poi riflettete, dirò io. Vi siete voi accorti delle curiose leggi che governano questi apparentemente stranissimi nomi? Per maggior sicurezza ve le farò notar io, ma prima vi dirò qualche cosa intorno ai nomi ordinarii ed agli usi di alcuni di quei 24 corpi. I radicali *batòcuta* servono senza dubbio ai reconditi fini della natura, ma non direttamente a noi, perchè non si è ancora riusciti ad isolarli, eccettuato forse il primo: perciò i loro nomi atomici non portano accento. Il primo della seconda serie, *bòsaca*, ed il primo della penultima, *bobesca*, sono pure ipotetici, ciò che viene indicato dalla lettera *s*. Tutti 24 questi corpi portano, nella vecchia nomenclatura, una grande varietà e moltiplicità di nomi, atta a confondere la memoria e le idee.

Il primo termine della quarta serie, *bobèfa,* si chiama nella vecchia nomenclatura alcool metìlico, e più volgarmente, ma più intelligibilmente, spirito di legno. È usato nell'industria, come sostituto o compagno del vero alcool, per isciogliere le resine e le gomme nella fabbricazione delle vernici e dei colori di anilina. La becòla, che costituisce il secondo termine di quella stessa serie, è il vero àlcool, o spirito di vino, di estesissimo uso tanto nella industria, che nell'economia domestica. La becòfa, nella susseguente serie, è l'aldeide principale. L'alcool bevuto in eccesso, diventa pernicioso, come osserva il Piazza, anche per la sua trasformazione, nelle vene dei beoni, in aldeide, la quale bolle alla temperatura di 21°. L'ececofà, o acido acetico, è la parte essenziale dell'aceto comune: questo, infatti, non è che acido acetico disciolto e diluito.

Il primo termine della terza serie è il gas delle paludi. Quanto si ingannerebbe chi credesse la sua composizione fatta a casaccio, come la forma del fango, o dei frantumi di carbon fossile da cui esso si estrae! Ogni sua

molecola, come già dissi, è regolarmente formata da un atomo di carbonio, *bo,* e da quattro di idrogene, *fa;* di qui il suo nome atomico *bòfa,* allungato in *bòafa,* onde trasportar l'accento, ed indicare il suo stato aeriforme. La bòafa è l'elemento più abbondante, ma non il migliore, del gas dell'illuminazione. L'elemento migliore di questo è il fàoco, che forma il secondo termine della nostra seconda serie. Una delle ragioni per cui esso è il migliore, apparisce direttamente dai nostri stessi nomi. È chiaro che in *fàoco* c'è una quantità, *co*, di carbonio, doppia di *bo,* che è in *bòafa,* per una medesima quantità *fa* di idrogene: ora, nell'abbruciamento del gas misto, il calore proviene principalmente dall'idrogene, ma la luce principalmente dal carbonio. Un'altra ragione della superiorità illuminante del fàoco sta nella sua densità, maggiore di quella della bòafa, nel rapporto di 7 : 4; ma anche questo stesso rapporto di pesi si potrebbe dedurre, benchè in un modo più indiretto, dal confronto dei due nomi, moltiplicando i pesi atomici, 1, 12, pei rispettivi esponenti, con che si ottiene 28 pel peso molecolare del fàoco, 16 per quello della bòafa; ora 28 : 16 :: 7 : 4. Come si farebbero questi calcoli col solo appoggio dei vecchi nomi idruro di metile, formeno, protileno, gas oleo-faciente? Ma, diranno forse i partigiani della vecchia nomenclatura, almeno uno di questi vecchi nomi, quello di gas oleo-faciente, è facile a ritenersi, ed espressivo. Caro lettore, non vi fidate mai di queste etimologie chimiche. È vero che nell'olio comune è contenuto anche del fàoco, come vi è contenuta la bòafa o gas delle paludi, ma non a ciò allude quel nome; allude invece ad un liquido il quale si ottiene combinando questo gas col cloro, e che si chiama olio olandese, perchè fu scoperto da quattro chimici olandesi!

Altri partigiani della vecchia nomenclatura preferi-

A:	E;	I;	O.
idrogene;	*ossigene;*	*azoto;*	*carbonio.*

ranno invece la parola *etileno*, perchè ricorda i rapporti di questo gas coll' *etile*. Ma quali sono questi rapporti? domanderò io. Potete conoscerli benissimo da altra fonte: ma non è mica il nome che ve li dice. Taluno potrà forse immaginare che la struttura molecolare dei quattro corpi composti, etile, metile, etileno, metileno, sia più o meno complicata in ragione della lunghezza del rispettivo nome: è tutto il rovescio; l' etile è più complicato del metile, del metileno, e dell' etileno; e così pure questo ultimo più del metileno. Ma se, invece di imparare tutta questa babilonia di nomi, metile, etile, metileno, etileno, propionène, butilène, che vuol dire una cosa, butirene, che ne significa un' altra, benchè l' etimologia sia la stessa, e vi corrispondano egualmente male, aveste imparato i relativi nomi atomici, il loro suono stesso, vi farebbe comprendere di volo, ma chiaramente, ed esattamente, tutti i rapporti di somiglianza e di differenza che intervengono nella composizione intima di questi vari corpi.

Cominciate ad esaminare i quattro nomi della seconda serie:

bòsaca, fùoco; dòala, nàofo;

vedrete che le consonanti che precedono l' **o**, significano rispettivamente 1, 2, 3, 4 atomi di carbonio; ma quelle che precedono l' **a**, significano rispettivamente 2, 4, 6, 8, insomma il doppio del numero degli atomi di carbonio che formano la molecola; la vocale finale ripetuta non è che un riempitivo per rendere sdrucciola la parola, ed indicare lo stato aeriforme del corpo. Il termine generale di questa serie in linguaggio nostro sarebbe *tòcuta*, esprimendo, come dissi, colla consonante *t* un numero qualunque,

b;	*c*;	*d*;	*f*;	*g*;	*l*;	*m*;	*n*;	*p*;	*r*;	*t*.
1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	0;	generico.

e colla sillaba *cu* la moltiplicazione per 2. Ma la serie fondamentale, fra quelle sei, è la terza, o quella dei *catòcuta*, che contiene tutti e soli gli **ao**, od idrocarburi, perfettamente sàturi. Ogni termine vi presenta un numero di atomi di idrogene eguale al doppio di quelli del carbonio, più due. Ma la prima, che è quella dei celebri radicali, differisce dalla serie sàtura in questo, che contiene, termine per termine, un atomo di meno di idrogene; come potete rilevare anche dal confronto dei due termini generali *batòcuta*, *catòcuta*. Di qui sorge ovvia la spiegazione della frequentissima ed energica azione cui sembrano esercitare questi radicali come elementi monoatomici: imperciocchè, avidi, come eglino sono, di acquistare o ricuperare quella minima particella monoatomica che manca a compire il loro piccolo edifizio molecolare, tendono a strapparla a sè, dovunque possono rinvenirla.

Le son cose a voi ben note, signori professori di Chimica; ma non vedete voi come questi nuovi nomi vi porgerebbero facilità di spiegarle ai vostri discepoli, meglio che coi nomi di etile, etileno, butireno, ecc. ecc.?

Le leggi che informano ciascuna di queste diverse serie, ed i loro reciprochi rapporti, sono così belle e così semplici, ed è tanto ovvia la corrispondenza fra il nome atomico e la composizione del corpo rappresentato, che se voi, miei lettori non chimici, avete sott' occhio o vi rammentate anche di pochi soltanto fra questi nomi, saprete facilmente rinvenire da voi anche gli altri che li precedono o li seguono. Per cagion d' esempio, supponete che si tratti di saper qual sia la composizione chimica corrispondente al vecchio nome *amìle*. Sapreste voi sciogliere il problema coll' aiuto di questo solo nome,

amile? Certamente no. Ma se uno vi informa che l'amile è il quinto termine della serie dei famosi radicali monoatomici, allora voi, o per mezzo del nostro termine generale *batòcuta,* o dall'analogia dei quattro primi termini a voi noti, *boda, gaco, doma, pafo,* rileverete facilmente che il cercato quinto termine della serie, ossia l'*amile,* dev' essere *gobab.* E viceversa, dato semplicemente il nuovo nome *gobab,* saprete trovare da voi che la molecola del corpo corrispondente, s'egli esiste, conterrà cinque atomi di carbonio, (**g**, quinta consonante, o carbonio) e due volte cinque più uno, ossia undici, (**b b**) atomi di idrogene, **a**. Ulteriori considerazioni vi farebbero comprendere che esso sarà un composto ideale, o razionale, piuttosto che reale. Per altro esempio supponiamo che si tratti di indovinare qual sia o sarebbe la composizione del trentesimo alcool, ossia del trentesimo termine della serie dei *cabetòcuta.* Fateci i conti, e troverete da voi che dev' essere *belàcdor,* ossia 30 atomi di carbonio, *dor;* due volte 30 più 2, ossia 62, atomi di idrogene, *lac;* ed uno di ossigene, *be.* Non vi siete ingannati. Colle loro storte, coi loro alambicchi, colle loro reazioni, colle loro analisi e sintesi, i chimici han verificato che tale è in effetto l' intima costituzione atomistica del trentesimo alcool!

Gli Scandinavi avevano una curiosa specie di poesia, in cui l'allitterazione, o ripetizione della medesima lettera a dati intervalli, teneva luogo di rima. Nelle serie chimiche, espresse col nostro linguaggio atomico, ha luogo, come vedete, un ordinamento di lettere ben più stretto e difficile di quello delle allitterazioni e degli acrostici: ed è tutt' altro che un frivolo giuoco di parole. E non pertanto avvi qui pure della poesia; anzi una poesia molto più sublime di quella di Omero, di Dante, e di Shakespeare.

Ed il Poeta? Io ve l'indicherò con uno dei suoi nomi

che, per fortuna, rimane ancora qualche poco rispettato: la **Natura!** La sonorità materiale dei nostri nomi atomici, benchè esposta a far sorridere quelli che non li comprendono, non è che un imperfettissimo e pallido riverbero di qualche cosa sommamente seria, e smisuratamente profonda: il ritmo eterno della Natura.

L'armonia ch'ella ha posto in tutte le sue opere non è meno maravigliosa nell'abisso degl'infinitamente piccoli cui la Chimica è riuscita in parte a scandagliare, di quello che nell'immensità dei cieli, di cui imprendiamo a trattare nelle prossime lezioni, chiudendo omai con questa la nostra non breve, ma, giovami lo sperarlo, non inutile Introduzione.

Imperciocchè essa è intesa a servire al mio scopo generale di rendere agevole ai miei lettori od uditori l'acquisto di alcune delle più generali ed importanti cognizioni scientifiche; ed al duplice mio intento speciale, di far loro comprendere la struttura dell'Universo, e di portare il mio piccolo tributo personale, come un ruscello all'Oceano, al cumulo dello scibile umano, mediante l'aggiunta di alcune verità da me stesso scoperte.

Questa Introduzione non solo varrà ad agevolare il comprendimento delle seguenti parti del mio libro intorno all'Universo, ma essa ha già eseguito direttamente una porzione del mio formidabile còmpito. Infatti, mentre mi riservo a condurre i miei lettori allo studio delle varie parti principali del Cosmos fisico e morale, colla pubblicazione delle seguenti lezioni, che furono per la maggior parte da me pronunciate a numerosi uditorii, colla vista di preparar la via a questa medesima pubblicazione, l'Introduzione alla quale sto qui ponendo termine ci ha già servito a studiare tutto il Cosmos e l'Universo sotto il punto di vista delle varie scienze da me compendiate, cioè l'Algoritmo, la Geometria, la Meccanica,

l'Idraulica, la Fisica, e la Chimica: ed inoltre noi abbiamo, per così dire, allestito e perfezionato l'istrumento universale che ci scorgerà a pesare la certezza o la probabilità delle molteplici verità relative all'Universo, cioè il Calcolo delle probabilità, e la Logica.

Nelle future lezioni tratteremo più specificatamente delle grandi divisioni del Cosmos fisico e morale. I nostri posteri acquisteranno delle cognizioni di gran lunga più numerose e più precise delle nostre: nondimeno noi abbiam già fatto sufficienti progressi per aver la certezza che la maggior parte di ciò che riteniamo per vero è realmente il vero, e che le future scoperte potranno smisuratamente estenderlo, non ismentirlo giammai. Prima di apprendere ciò che noi non sappiamo ancora, i posteri avran bisogno di imparare individualmente ciò che noi ora sappiamo, e che rimarrà la parte più fondamentale e più bella del futuro scibile umano.

Laonde, se io riesco anche mediocremente a formare un florilegio della Scienza attuale, questo povero libro, non per merito mio, ma per la splendida ed immortale bellezza della Natura, adombrerà agli uomini presenti ed agli avvenire la più sublime delle epopee.

RAPPORTO

DEI SIGNORI

Pietro Piazza, professore di Chimica organica nell' Università di Bologna.

Francesco Selmi, professore di Farmaceutica nella stessa Università.

Domenico Santagata, professore di Chimica generale nella stessa Università.

Dottor Giuseppe Fabbi, assistente alla suddetta cattedra di Farmacéutica.

Giulio Carini, professore emerito di Fisica nel Liceo Galvani, e membro del Collegio Matematico nell' Università.

REGNO D'ITALIA

Bologna 17 *Gennaio* 1871.

« Invitati dal nostro egregio amico professor Quirico Filopanti ad esporre il nostro parere sopra il progetto da lui ideato di una nuova nomenclatura chimica, ci è stato gradito l'intenderne da lui l'esplicazione, e l'esaminare ancora lo scritto che ci ha presentato, nel quale egli la espone: e, concordi nel giudicarla degna della considerazione dei dotti, aggiungiamo: »

« 1. Che è a riconoscere che i progressi della scienza chimica, rendono necessaria una riforma radicale della sua nomenclatura.

« 2. La nomenclatura proposta dal Filopanti, e da lui detta Atomica, si fonda interamente sopra le relazioni atomiche e le proporzioni degli elementi combinati fra loro, riducendo perciò il linguaggio chimico, ad unità di metodo per tutta la immensa varietà dei corpi. »

« 3. Sebbene il suddetto principio possa dar luogo nelle sue applicazioni teoriche a dubbi ed incertezze, la nomenclatura proposta è preparata a soddisfare alle variazioni che la scienza fosse per imporre. »

« 4. Questa nomenclatura chimica sfugge tutte le

idee sistematiche ed ipotetiche sulle quali generalmente si fonda la nomenclatura ordinaria. »

« 5. Facilissimo è il modo di comporre i nomi nuovi per tutti i corpi semplici o composti che possono venire trovati. »

« 6. I nomi dei corpi composti ne esprimono in voce la formola elementare, e tuttavia sono brevi e spesso armoniosi. »

« 7. È così semplice e facile il sistema di questa nomenclatura che in breve può essere appresa. »

« 8. Con poche lettere dell'alfabeto ordinario variamente disposte si vengono a nominare tutti i corpi semplici e composti, ed insieme ad indicare in questi gli elementi costitutivi e le loro proporzioni. »

« 9. Il soddisfare ad un tempo, e con sì tenui mezzi, a tutte coteste esigenze di linguaggio scientifico è per sè naturalmente cosa tanto pregevole da meritare che sia da ognuno considerata. »

« Con tutto ciò non saranno poche nè lievi (a nostro avviso) le difficoltà di rendere usuale la proposta nomenclatura, considerando che, oltre alla novità, che per sè stessa è sempre ostacolo grande, i nuovi nomi prodotti dalla nuova regola sono in generale bensì brevi e non ingrati, ma non vi mancano quelli che appariscono strani e monotoni. »

« Non hanno verun rapporto colle radici dei nomi dati volgarmente alle sostanze più note, per cui non si connettono col linguaggio ordinario. »

« Nella nomenclatura ordinaria i difetti sono in parte compensati da una tradizionale convenzione, per la quale, ad onta di quei difetti, le idee che si svolgono sono chiare e precise; ed i nomi usati richiamano alla mente una quantità di proprietà dei corpi nominati, le quali non verrebbero avvertite (almeno per lungo tempo) dai nomi nuovi. »

« Ammettendo tuttavia che i progressi incessanti della Chimica richiederanno una riforma assoluta di linguaggio, conveniamo che il concetto inventato dal Filopanti sarà utilissimo, e forse vi presterà l'idea madre; locchè non sarebbe di piccolo vanto dell'autore. »

« Infrattanto sarà profittevole che i corpi nuovi sieno chiamati con nomi nuovi formati dalle regole di questa nomenclatura, e ai nomi usati aggiungere i nomi proposti (come meglio il permetta l'eufonia) siccome utile mezzo mnemonico, e come esperimento della nomenclatura medesima. »

« Firmati: *Pietro Piazza — Francesco Selmi — Domenico Santagata — Giulio Carini — Giuseppe Fabbi.* »

SEZIONE II.

ASTRONOMIA

LEZIONE XXIX.

Aspetto generale del Cosmos

Bologna. (*)

Signori e Signore,

Guardando in alto, ci sembra di vedere sospesa perpetuamente sopra il nostro capo una grande volta azzurra, nella quale sieno conficcate le stelle, a guisa di tanti lucidi chiodi. Questa non è che un'illusione ottica, proveniente da un particolare assorbimento e riflessione di colori nell'atmosfera. L'atmosfera, od il gran mare di aria che circonda la Terra, e che ci mantiene in vita mediante la respirazione, s'innalza a poche miglia di altezza sopra la superficie terrestre. Le nuvole che stanno così spesso sospese nell'aria, e che si formano per la

---

(*) Questa lezione fu data nella Piazza d'Armi di Bologna, in una sera dell'estate 1869. La riferisco per disteso, quasi nei termini stessi coi quali fu pronunciata, e persino colle esclamazioni di una parte dell'uditorio, affinchè i lettori abbiano un'idea del mio metodo di lezioni orali di Astronomia. Alcune delle materie stesse trattate in questa lezione, come speciale Introduzione alla parte Astronomica di tutta l'Opera, saranno svolte più estesamente e più esattamente in altre lezioni.

condensazione del vapor acqueo sollevato dal mare, sono alte quattro o cinque miglia al più.

Immensamente più lontani delle nuvole sono i veri corpi celesti, il Sole, la Luna, i Pianeti, le Comete, le Stelle fisse. Infatti la Luna, che è il satellite della Terra e perciò il più vicino di tutti gli astri, è distante dal centro della Terra ben trenta diametri dell'Equatore della terra stessa: insomma la Luna dista da noi, in media, più di dugento mila miglia italiane, da 60 al grado: imperciocchè il diametro dell'Equatore terrestre è lungo 6888 miglia.

I *pianeti* sono grandi corpi *opachi* che girano in cielo attorno al Sole. Si chiamano opachi, perchè non risplendono di luce propria, come fanno il Sole, e le Stelle fisse: ma si rendono a noi visibili, mercè la luce la quale ricevon dal Sole, e cui riverberano verso di noi.

Vi sono due categorie di pianeti: i pianeti *primarii* che girano direttamente attorno al Sole: e i pianeti *secondarii,* o *satelliti,* che girano direttamente attorno ad un pianeta primario, accompagnandolo necessariamente nel giro di esso attorno al Sole. — La Terra, per esempio, è nella nobile schiera dei pianeti primarii: la Luna, come già dissi, è il suo satellite: quindi è un pianeta secondario.

La Terra fa parte di un gruppo di quattro pianeti primarii, vicini al Sole più di tutti gli altri, e cui vi nominerò per ordine, indicandovi ancora il rispettivo loro periodo, ossia il tempo cui impiegano a girare attorno al Sole:

Mercurio, 88 giorni, o quasi tre mesi;

Venere, 225 giorni, o circa 7 mesi e mezzo:

Terra, 365 giorni, 6 ore, e 9 minuti: ossia un anno sidereo;

Marte, 687 giorni, o quasi due anni.

Vien poscia un numeroso stuolo o sciame di piccolissimi pianeti detti *asteroidi* o *planetoidi*, il primo dei quali fu scoperto nel primo giorno di questo secolo a Palermo dall' astronomo italiano Piazzi, e venne denominato Cerere. Più tardi se ne sono scoperti più di cento, e se ne scoprono dei nuovi tutti gli anni. Portano tutti dei nomi di personaggi femminili, presi dalla mitologia greco-latina, dall' allegoria o dalla Geografia, come Cerere, Pallade, Giunone, Vesta, Astrea, Ebe, Iride, Flora, Igea, Partenope, Ausonia, Esperia, Armonia, Atalanta, Massimiliana o Cibele. Il loro periodo medio è di circa cinque anni.

Viene infine il gruppo dei quattro maggiori pianeti:

Giove	12	anni	circa
Saturno	29	»	»
Urano	83	»	»
Nettuno	165	»	».

Giove ha quattro lune, o satelliti; Saturno ne ha otto, oltre un maraviglioso anello, che tutto lo circonda, ed accompagna sempre, benchè ne sia staccato. Urano ha pure otto satelliti; di Nettuno non si conoscono che due satelliti.

I planetoidi, come pure Urano e Nettuno, non sono visibili ad occhio nudo. Mercurio, Marte, e Saturno risplendono come stelle di prima grandezza: Giove e Venere molto di più. Venere e Marte sono già tramontati, mentre io parlo; (*) Giove sorgerà prima che io abbia terminato la lezione. Mercurio si vede di rado, perchè è quasi sempre offuscato dal crepuscolo. Dei grandi

(*) Tale era la situazione relativa dei pianeti nella sera della lezione. Ma la posizione dei pianeti cambia sensibilmente da un giorno all' altro, e molto più da un anno ad un altro.

pianeti visibili ad occhio nudo, uno solo è sull' orizzonte in questo momento, Saturno.

Compiacetevi di volgervi dove io vi dirò, prestando attenzione alle mie parole, anche senza vedermi. Guardate verso il Sud-Ovest, cioè fra il mezzogiorno, o *Sud*, ed il tramonto del Sole, od *Ovest*. Non iscorgete voi, poco al disopra dei tetti, una stella più bella di tutte le altre? (Voci: sì, sì,) Or bene: quello è il gran pianeta Saturno.

I pianeti primarii sono animati da un duplice moto: uno attorno al loro proprio asse, e l' altro attorno al Sole. La Terra, per esempio, gira attorno al suo asse in 24 ore, ed attorno al Sole in un anno. Il primo si chiama moto diurno, o di rotazione; l' altro si chiama moto annuo.

Nel mentre che la terra gira attorno al Sole ed attorno a sè stessa, la Luna gira attorno alla Terra, in un periodo di tempo poco minore di un mese. Per formarvi facilmente un' idea chiara di tutti questi movimenti simultanei, figuratevi un uomo ed un fanciullo che facciano insieme un waltzer in una grande camera. Il fanciullo gira attorno all' uomo più di quanto l' uomo giri attorno al fanciullo. Più veramente girano ambidue attorno al loro comune centro di gravità: ma siccome questo centro comune di gravità è più vicino all' uomo che al fanciullo, sembra che il fanciullo giri attorno all' uomo, e l' uomo attorno a sè stesso, nel medesimo tempo però che ambedue girano attorno al centro della sala da ballo. Immaginate ora una lampada nel centro della sala: questa lampada rappresenta il Sole, l' uomo che fa il waltzer rappresenta la Terra, ed il fanciullo rappresenta la Luna.

Facile e chiaro come è questo paragone, non è esatto; e generalmente non lo sono mai i paragoni. Il giro dell' uomo attorno all' asse del suo proprio corpo, simile a quello di una ruota attorno alla sala del carro, si compie

nello stesso tempo che il giro del fanciullo attorno all'uomo: ma il giro della Terra attorno al suo proprio asse si compie in uno spazio di tempo 27 in 28 volte più breve che la rivoluzione della Luna attorno alla Terra. La luna sì che impiega lo stesso tempo a girare attorno al proprio asse, come a girare attorno alla terra, volgendo sempre a noi la medesima faccia, come la donna tien sempre rivolta la sua al ballerino nei giri del waltzer. Perciò il fanciullo cui ci siamo imaginati rappresenta meno inesattamente la Luna, di quello che l' uomo rappresenti la Terra. Onde rappresentar il tutto alla meglio, bisognerebbe che il fanciullo impiegasse 27 giorni e mezzo a girare attorno all' uomo, sempre però mantendo rivolta a lui la sua faccia: che l' uomo impiegasse un giorno a girar attorno a sè stesso, ed ambedue un anno per far l' intero giro della sala: immensa sala quella di cui la lampada centrale è il Sole, ed i danzatori sono i pianeti!

L' effetto a noi più sensibile del moto annuo della Terra, combinato coll' obliquità dell' Ecclittica, è la successione delle stagioni, Primavera, Estate, Autunno, ed Inverno. Il più importante effetto del moto diurno, o di rotazione, è la successione alternata del giorno e della notte. Affine di comprendere facilmente le ragioni di tale vicenda, supponete che la Luna, la quale in questo momento spande sopra di noi i suoi vividi raggi, sia il Sole, che la mia testa rappresenti la Terra, e la mia fronte rappresenti un determinato paese: per esempio l' Italia.

Mi volgo attorno a me stesso ad imitazione della Terra. In così fare, ora veggo la Luna, o per ipotesi il Sole, ora non lo veggo. Quando il gran luminare percuote direttamente coi suoi raggi la mia fronte, è giorno per la mia fronte, ossia, a tenore della convenzione che abbiam fatto, è giorno per l' Italia. In quello stesso tempo, il di dietro della mia testa, l' occipite, è nell' ombra: val

quanto dire è notte per gli antipodi dell' Italia. Continuo a girare attorno a me stesso, e volgo le spalle al Sole: allora la mia fronte, ossia l' Italia, è all' ombra. Il Sole non l' illumina più: gl' italiani sono immersi nelle tenebre della notte. Invece il Sole illumina allora il mio occipite: è giorno per gli antipodi dell' Italia. Io continuo a girare, ed ecco che di nuovo il Sole, rischiara la mia fronte: ritorna il giorno per l' Italia, torna la notte pei nostri antipodi, e via dicendo.

Un' altra conseguenza del moto rotatorio della Terra è l'apparente moto diurno degli astri dall'*Est* all' *Ovest*, ossia da Levante a Ponente. Ammettete ancora, per facilità di spiegazione, che la mia piccola testa rappresenti il gran globo della Terra, la mia fronte l' Italia, ed i miei occhi due suoi abitanti. Permettetemi di girare di nuovo da destra a sinistra, e non abbiate per male, se così facendo, volgo per un momento le spalle a voi non meno che alla Luna. Nel rivolgere di nuovo, ma lentamente, la mia faccia, verso la Luna, io incomincio a vederla, ma di fianco: tangenzialmente alla mia faccia. Par che spunti dal mio orecchio sinistro: val quanto dire gl' Italiani veggono la Luna all' orizzonte dalla parte di Oriente.

Continuo a girare adagio sui miei piedi. Adesso ho la Luna di prospetto: battono i suoi raggi sul mezzo della mia fronte: ossia la Luna è nel meridiano dell' Italia.

Continuo adagio a girare, e la Luna sta per iscomparire di nuovo agli occhi miei: ma da qual parte? sembra che ella si nasconda dietro l' orecchio destro. Mi si affacciò dapprima dalla parte dell'orecchio sinistro: ora mi sfugge dalla parte dell' orecchio destro. Ella sorse per gl' italiani dalle onde del mare Adriatico, tramonta nelle onde del mare Mediterraneo, o dietro le Alpi.

Ha ella realmente fatto questo giro in cielo da levante a ponente? Oh no: è stata la terra che ha girato

attorno al proprio asse nel senso tutto opposto, cioè da ponente a levante. — Il moto diurno del Sole, della Luna, dei pianeti e delle stelle è un' illusione simile a quella tanto nota di chi voga tranquillamente in barca, in vista della Terra. La barca, la nave, vi sembra ferma, ed il porto, la città, le ripe del fiume, vi sembrano in moto. Sapete che è il contrario. E quale è la direzione apparente del moto degli oggetti sulla riva? La direzione precisamente opposta a quella cui realmente ha la vostra nave. La nave va avanti, e gli oggetti a terra vi sembrano andare all' indietro. Se la nave andasse all' indietro le ripe vi parrebbero camminare all' innanzi. Il cielo sembra girare in 24 ore da oriente ad occidente, per la sola ragione che la Terra, in egual tempo, si aggira attorno al proprio asse da occidente ad oriente.

Nondimeno i corpi celesti hanno dei moti loro proprii e reali, benchè diversi dal loro apparente moto diurno da levante ad occidente. Il Sole ha un moto rotatorio di venticinque giorni attorno al suo proprio asse, ed inoltre un moto di traslazione, mercè il quale, in compagnia dei suoi pianeti e delle sue comete, si dirige verso un remotissimo punto del cielo, occupato dalla costellazione di Ercole. Le stelle dette fisse, perchè sembrano mantener sempre le medesime situazioni una rispetto all' altra, hanno però dei movimenti reali, relativamente lentissimi, ma che si rendono sensibili nel corso dei secoli. I movimenti reali che riescono a noi più sensibili, sono quelli dei pianeti. Vi ho indicato l' approssimata posizione di Venere, Marte, Giove e Saturno in questa sera; di qui a pochi mesi, od anche poche settimane, la loro situazione apparente sarà differentissima. Questo variare delle situazioni apparenti dei pianeti dipende ad un tempo e dai loro movimenti reali, e da quello della Terra.

Vi accennai le rispettive lunghezze dei loro periodi

di rivoluzione attorno al Sole. Vi accennerò ora le loro rispettive distanze e grandezze. Sono esse indicate in due scale diverse, nel quadro trasparente che vi sta davanti agli occhi. Per poterla indicare con un medesimo modulo, ci vorrebbe un quadro di una estensione di più chilometri. *(Vedi Tavola I.)*

Imaginatevi che il centro della Montagnola, di dove si sogliono innalzare i globi aereostatici, rappresenti il centro del sistema solare, e che i circoli concentrici, segnati dagli alberi, rappresentino le orbite dei più vicini pianeti. Per rappresentare le grandezze del Sole e dei pianeti collo stesso modulo, bisogna che vi imaginiate, là nel centro, una botte sferica, di un metro di diametro. Se preferite un paragone meno ignobile e meno improprio, figuratevi una sfolgorante lumiera, od un globo luminoso, di un metro di diametro. Se questo rappresenta il Sole, ci vorrebbe, per rappresentare il pianeta Mercurio, nella stessa proporzione, una mosca di ordinaria grandezza, la quale volasse attorno al gran lampadario, tenendosi sempre ad una distanza da esso di quaranta metri, od incirca percorrendo il giro più interno degli alberi. Venere e la nostra Terra sarebbero rappresentate da delle farfalle, della grossezza di una piccola ciriegia; volando la farfalla che rappresenta Venere ad una distanza di 70 metri dal centro e quella che rappresenta la Terra, lungo lo stradone dove soglion correre i cavalli, ad una distanza di cento metri dal centro.

Marte sarebbe rappresentato da una mosca alquanto più grande di quella che rappresenta Mercurio, in una posizione lontana dal centro una volta e mezza più della Terra. Più lungi ancora figuratevi uno stormo di moscerini, più piccoli di tanti granelli di miglio: quelli saranno i planetoidi. Più in là, ad una distanza cinque volte più grande che la Terra, figuratevi un uccello grosso come

un bell' arancio, del diametro di un decimetro. Quello sarà Giove, il maggiore dei pianeti: sempre nella proporzione del Sole rappresentato da una botte o globo di un metro di diametro. Alla stessa stregua potrete rappresentarvi Saturno in un uccello grosso come un arancio alquanto più piccolo del precedente, e nella posizione delle due Torri, o ad un chilometro dal centro: Urano e Nettuno in due uccelletti della più piccola specie: il primo a due e l'altro a tre chilometri dal centro.

Che se volete non solo le grandezze relative, ma le grandezze assolute di tali distanze, vi dirò che la distanza del Sole dalla Terra è prossimamente di 80 milioni di miglia italiane. Sapendo che Nettuno è distante trenta volte più della Terra, ne dedurrete agevolmente che la distanza di Nettuno dal Sole è due mila e quattro cento milioni di miglia. Data la distanza ed il diametro apparente, si conosce la grandezza reale. Giove è mille e quattrocento volte più grande della Terra; il Sole è mille volte più grande di Giove; ossia un milione e quattrocento mila volte più grande della Terra.

Le Comete, quei misteriosi corpi vaporosi, per lo più muniti di una lunga appendice in forma di coda, percorrono come i pianeti un' orbita ellittica, o di forma ovale, di cui il Sole occupa non il centro, ma un foco: se non che l' ovale dei pianeti è così poco schiacciata che somiglia un circolo: la curva delle comete suol essere molto più schiacciata di una ovale ordinaria. Alcune hanno un periodo noto, come quella di Halley, che comparve nel 1835, e tornerà dopo 76 anni. La gran cometa del 1811 ha una distanza *afelia*, o massima, 425 volte più grande della distanza della Terra dal Sole. Per rappresentare una siffatta distanza colla scala imaginaria di cui ci siamo serviti dianzi, se il sole è al centro della Montagnola, e la terra sul viale delle corse, o a cento

metri, bisogna figurarsi la Cometa a Ferrara, ossia a distanza di 42 in 43 chilometri.

Se poi desiderate rappresentarvi queste enormi distanze, in un' altra maniera che vi renda anche più facile abbracciarne colla mente la meravigliosa grandezza, considerate il tempo che ci vorrebbe a percorrerle con diverse velocità conosciute. La luce vola in ragione di trecentomila chilometri, o più di 150 mila miglia, al minuto secondo, od in una battuta di polso *(Lez. XXIV.)*; pure impiega otto minuti e 18 secondi per venire dal Sole sino a noi. Una palla da cannone, se potesse continuare il suo viaggio in linea retta, colla velocità di 400 metri cui aver suole all' uscire dalla bocca da fuoco, impiegherebbe dodici anni, per giugnere dalla terra al sole. Un treno *express*, inglese od americano, vi impiegherebbe 200 anni; un sedicente treno celere italiano, vi metterebbe 400 anni: 600 un cavallo di galloppo. Non so se vi potrete trattener dalle risa pensando al tempo, anche prima di saperne la cifra precisa, cui vi impiegherebbe un uomo a piedi (*risa*): un pedone, a 18 miglia al giorno, vi impiegherebbe dodici mila anni!

Sembra un paradosso la possibilità di scoprire la distanza e la grandezza reale di corpi dai quali ci disgiungono degli spazi così sterminati. Dirovvi brevissimamente il principio fondamentale del metodo con cui si stimano le distanze inaccessibili. Supponete che quel lume là in fondo alla Piazza d' Armi sia la luna. Mi colloco qui presso l' estremità orientale dell' emiciclo e mi figuro di essere l' astronomo Lalande a Berlino: vedete che la visuale del cannocchiale, rappresentato da quest' asta, cui io tengo in mano, mirando al lume, piega un po' alla mia destra. Mi muovo, e vado presso all' estremità occidentale dell' emiciclo. Qui io sono Lacaille al Capo di Buona Speranza, daccordo con Lalande a Berlino, per osservar la luna tutti e due al medesimo istante.

Non vedete voi che l'asta, ossia l'asse del cannocchiale, volge piuttosto a sinistra? La divergenza di queste due linee si chiama *parallassi*; ed è tanto più grande, quanto più vicino è il corpo osservato. Dalla distanza dei due osservatorii, e dalla parallassi, la Trigonometria sa rilevare la distanza dell' oggetto inaccessibile.

Il corpo dell' uomo è come un minutissimo atomo, paragonato alla mole del globo terracqueo cui abitiamo. Le dimensioni del globo sono esse medesime una picciolissima cosa in paragone delle dimensioni del sistema solare. E ciò non pertanto, le maggiori dimensioni conosciute del sistema solare, la distanza afelia della cometa del 1811, sono poco più che un punto matematico in confronto, non solo dell' intero Universo, il quale è rigorosamente immenso ed infinito, ma ancora in paragone di quella parte di esso cui conosciamo.

Attorno al sistema planetario, da tutte le parti, vi è un vastissimo deserto, voglio dire uno spazio privo di grandi corpi che si possano da noi vedere. Al di là di quel vastissimo spazio, a delle distanze strabocchevolmente più grandi di quelle dei pianeti, vi sono le stelle fisse. Le stelle fisse, o più brevemente e più propriamente, le *stelle,* sono altrettanti soli, simili al nostro, e attorno ad esse circolano probabilmente dei pianeti analoghi alla nostra Terra, e com' essa abitati da esseri sensitivi ed intelligenti.

Le venti o ventiquattro stelle che risplendono più delle altre, agli occhi nostri, si chiamano stelle di prima grandezza: dopo esse, in ordine di splendore, ve ne sono sessanta o settanta di seconda grandezza, e via dicendo. Quelle di sesta grandezza sono le meno splendide fra le visibili ad occhio nudo. Sonvene poi molti milioni visibili soltanto col telescopio. Secondo il Chacornac, col grande telescopio di Herschell se ne potrebbero contare sino a settantasette milioni.

Quelle che son visibili ad occhio disarmato non oltrepassano le quattro o cinque migliaia. Questa sera, malgrado il bel sereno, non si veggono neppur quelle di sesta grandezza, a cagione del chiarore della luna. E qui, sinchè l' ho in mente, lasciatemi fare una breve digressione, per ammonirvi di non prestar fede alla fiaba di una seconda luna che stia per comparire. Gli astri non nascono come funghi. Non è vero che un tale assurdo sia stato predetto da un astronomo: sarà stato un impostore qualunque, il quale avrà voluto prendersi il riprovevole spasso di farsi giuoco della credulità e dell' ignoranza del pubblico. (*)

Si ignora la precisa distanza della maggior parte delle stelle, ma si sa che non avvene alcuna meno lontana di diciotto bilioni, voglio dire diciotto milioni di milioni di miglia, o più di 33 bilioni di chilometri. *(Lez. I, VII)*. La parallassi delle stelle, dov'è possibile, si prende osservandole a sei mesi d'intervallo, cioè da due punti diametralmente opposti dell'orbita terrestre. Pure questa base di centosessanta milioni di miglia svanisce, ossia è impercettibile, in paragone della distanza della maggior parte delle stelle.

Gli astronomi han diviso il cielo in molti spazii irregolari cui essi chiamano costellazioni. Per agevolare lo studio popolare dell' Astronomia, io sostituisco alle costellazioni certi gruppi formati da poche stelle delle più splendide, e che presentano una figura facile a riconoscersi ed a ricordarsi. *(Vedi la Tavola II,* Fasc. III).

(*) Poco prima della pubblicazione del presente fascicolo, un altro anonimo impostore, possibilmente il medesimo, ha predetto la caduta della luna sulla terra di qui ad un determinato numero di anni, e molti gli han creduto; tanto mancano, anche nella generalità delle classi educate, le più elementari cognizioni di Astronomia!

Tale si è il magnifico ed elegante gruppo in forma di croce egiziana, cui vedete disegnato al centro di questo planisfero, ma che ora non è visibile in cielo. Lo sarà più tardi in questa notte verso il mattino; ed è visibilissimo per quasi tutta la lunghezza delle notti d'inverno. Ha alla testa il bel gruppo delle Pleiadi, o la *Chiocciola*, ed *Aldebaran*, o l' occhio del Toro; al centro le più belle stelle di Orione; al piede la Canicola, o Sirio, detta ancora l' alpha del Cane Maggiore, e che è la più bella di tutte le stelle. La distanza di Sirio da noi è di 14 anni di luce, ovvero 70 bilioni di miglia.

Un altro bel gruppo, che meglio ancora del precedente imita la forma di una croce ordinaria, è composto delle principali stelle della costellazione del Cigno. Quello sì che è ora interamente visibile in cielo. Vi prego a volgere gli occhi in alto. Vedete sopra di noi tre stelle più splendenti delle altre in quella parte di cielo. Esse formano un triangolo quasi isoscele, facile a riconoscersi ed a ricordarsi. La più bella delle tre si chiama *Vega*, od ancora l' *alpha* o la lucida della Lira. Quella di medio splendore, fra le tre, è l'alpha dell' Aquila. La meno lucida delle tre, ma pure assai lucente essa medesima, è l'alpha del Cigno. È la più bella fra quelle di seconda grandezza; le altre due sono di prima grandezza. Se con bene intenti occhi mirate, voi scorgerete che la lucida del Cigno forma la testa di una croce, chiamata comunemente la Croce del Cigno.

Sopra un gran circolo della sfera celeste, denominato il Coluro degli Equinozii, sono disposti sette notabilissimi gruppi carriformi. Il più bello, il più noto, e tipo degli altri, è quello che si chiama per antonomasia il *Carro*, ed è formato dalle sette principali stelle dell'Orsa Maggiore. È composto di quattro stelle che figurano le ruote dell' imaginario carro, più tre altre figu-

ranti il timone, un po' piegato, od i cavalli, uno davanti all' altro, ma in atto di tirare, non nel modo ordinario, bensì nella direzione della diagonale. Osservatelo là, un poco sopra alla Chiesa di san Benedetto.

Seguite coll' occhio la curva del timone, ed a qualche distanza troverete una stella rossiccia, più bella di tutte le altre che ora stanno sull' orizzonte. È Arturo, o l' alpha di Boote. La sua luce impiega 25 anni per arrivare sino a noi.

Tornate al Carro dell' Orsa Maggiore, ed osservatene le due ruote di dietro. Prolungando mentalmente la linea di queste due stelle verso il *Nord*, o settentrione, arriverete in prossimità di una bella stella di seconda grandezza. Quella è la famosa stella polare. Dista da noi *quarantotto anni*, ossia 240 bilioni di miglia.

La stella polare, detta ancora l' alpha dell' Orsa Minore, rappresenta la punta del timone di un' altra figura di Carro chiamato il Carro dell' Orsa Minore, o piccolo carro. Giace quasi paralello al Carro grande, ma in direzione opposta, come un uomo ed un fanciullo che giacessero uno al fianco dell'altro, ma in modo che uno avesse la testa dalla parte ove l' altro tiene i piedi, e viceversa.

Al di là della stella polare, ed incirca alla stessa distanza angolare del Carro grande, vi è un altro gruppo carriforme, che sembra appunto fare *pendant* o riscontro al Carro dell' Orsa Maggiore, e cui chiameremo il Carro di Cassiopea.

La *lucida*, o alpha, dell' Orsa Minore si chiama stella polare, perchè si trova presso a poco sul prolungamento dell' asse della Terra. Perciò la stella polare trovasi sempre prossimamente nello stesso punto del cielo, in tutte le stagioni, ed a tutte le ore, mentre le altre stelle, non per fatto proprio, ma in grazia del moto diurno della terra, sembrano girare attorno alla stella

polare in 24 ore. Così vedreste di qui a dodici ore, se non fosse già venuto giorno, il Carro di Cassiopea occupare in cielo lo stesso posto dove ora si trova il Carro dell' Orsa maggiore, e vedreste questo nella posizione stessa ove ora sta il Carro di Cassiopea.

Comunque variino però le posizioni delle stelle rispetto al nostro orizzonte, e sieno or alte, or basse, ora a levante, ora a ponente, vedrete costantemente che esse formano quelle stesse figure fra loro: per esempio che la curva del timone del Carro dell' Orsa maggiore vi conduce sempre ad Arturo; che l'allineamento delle due ruote di dietro vi conduce sempre alla Polare. Così vedrete pure che la linea della diagonale del Carro di Cassiopea vi guida sempre ad una magnifica stella di prima grandezza, chiamata la Capretta, o l'alpha del Cocchiere. In questo momento potete vederla luccicare fra gli alberi della Montagnola, dalla parte di Casaralta. Ella dista da noi 70 anni, ossia 350 bilioni di miglia. In pari tempo alcuni di voi vedranno già spuntare di mezzo ai cespugli, a levante, il gran pianeta Giove. *(Voci di fanciulli: eccolo là, eccolo là).* Al Sud-est, o dalla parte delle Muline, potete scorgere un' altra stella di prima grandezza: Fomalhaut, o la lucida del Pesce australe.

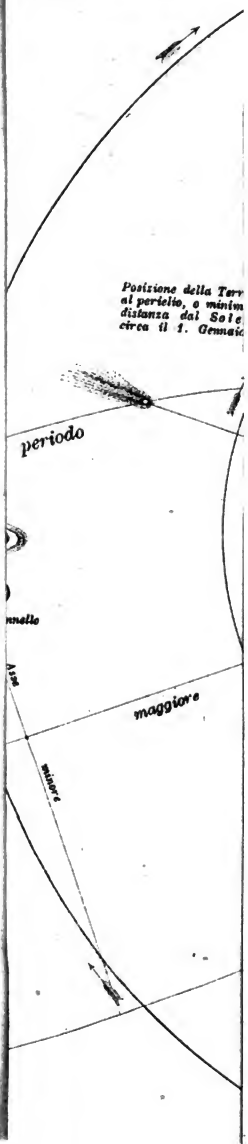
Temo che la mia lezione vi sia omai riuscita troppo lunga. *(Voci: no, no.)* Nondimeno vi darò un cenno anche della Via Lattea, aiutato da questo terzo planisfero, ove essa è abbastanza chiaramente delineata. Fate attenzione, qui sul trasparente quadro, alla Croce del Cigno, la quale alternativamente copro e discopro per esser più sicuro di additarvela distintamente. Voi scorgete una larga striscia di colore più chiaro del resto del fondo del quadro, che tutto lo traversa; e vedete questa lucida striscia passare sopra l' asterismo di nostra conoscenza il carro di Cassiopea, e, giunta qui alla testa della Croce

del Cigno, biforcarsi in due rami. Un ramo scorre lungo l'asterismo della Croce, e va a riunirsi all'altro ramo, nell'emisfero meridionale, presso la Croce del Sud, o Carro del Sud, alle cui stelle si suppone che alludesse Dante in alcuni bellissimi versi del *Purgatorio.*

Guardate ora, non più a me od a questa meschina imitazione del cielo, ma al cielo stesso. Riconoscete lassù, presso al nostro *zenit*, la Croce del Cigno. Seguendo l'asta della Croce, e protraendone la linea avanti ed indietro, chi ha buona vista potrà scorgere la Via Lattea. Essa si distingue però assai meglio quando non vi è la Luna, o che la Luna è meno lucente che non è in questa sera, avendo essa ora oltrepassato il suo primo quarto, o prima fase.

La Via Lattea presenta una certa apparenza di candida nube: ma è tutt'altra cosa che una nuvola. Sapete che cosa ell'è? È una immensa congerie di milioni e milioni di stelle, ossia di Soli: tanto lontani, che non si possono distinguere l'uno dall'altro ad occhio nudo, ma così numerosi, che il loro splendore riunito ci produce la sensazione di una bianca nuvola, o di un'immensa striscia di latte. Se per altro le stelle componenti la Via Lattea non si distinguono una per una ad occhio disarmato, si discernono bene col telescopio; e primo fu Galileo Galilei a farne la scoperta. La Via Lattea, in sostanza, è un immenso anello o strato di stelle, nel mezzo del quale, presso a poco, trovasi il nostro Sole coi suoi pianeti. È impossibile avere la parallassi precisa di tutte le stelle della Via Lattea; ma dietro certe considerazioni da non disprezzarsi, si argomenta che la luce delle più lontane di esse, impieghi due o tre mila anni per giungere sino a noi.

I nostri asterismi non solo servono meglio delle antiche costellazioni al ritrovamento oculare delle stelle

TEMA SOLARI
Posizione della Terr
al perielio, o minim
distanza dal Sole
circa il 1. Gennaio
periodo
nnello
Asse
maggiore
minore

Venturi Prof. Luigi.
Vernocchi Ing. Ercole.
Vicini Avv. Gustavo, Deputato al Parlamento.
Zanetti Giovanni.
Zanetti Gualtiero.
Zanichelli e Comp. Librai.
Zucchini Conte Ferdinando.

ALESSANDRIA (Italia)

Accatino Giuseppe.
Cavaliere Dossena, Sindaco di Alessandria.
Dogliotti Maggiore Orazio.
Medici Giuseppe, Geometra.
Oviglio Giuseppe, Farmacista.
Pastore Camillo.

ALGERI (Affrica)

Andreini Dott. Rinaldo.

ANCONA

Agostini Prof. Francesco.
Angelucci Avv. Federico.
Angelucci Girolamo.
Augias Alberto.
Baglioni Avv. Augusto.
Baldoni Filippo.
Baroni Pacifico.
Belcorpi Emilio.
Bernardi Avv. Alessandro.
Bevilacqua Ing. Gustavo.
Bignami Giulio.
Balsi Ercole.
Boccafogli Dott. Achille.
Boldrini Aureliano.
Bontempi Pacifico.
Bosdori Conte Gio. Batt.
Bruni Passano.
Bruschettini Avv. Augusto.
Buranelli Giuseppe.
Busi Attilio.
Businaro Giuseppe
Cacciavillani Ing. Antonio.
Calvori Icilio.
Calvori Stanislao.
Carbone Francesco.
Carloni Avv. Luigi.
Catalucci Francesco.
Chitti Rodolfo.
Cioccolanti David.
Cocchi Stefano.
Colabianchi Avv. Antonio.
Confidato Italiano.
Corsi Avv. Ugo.
Desantis Silvio.
Elia Cav. Colonnello Augusto.
Fattori Enrico.
Fedrighini Ing. Attilio
Fernocchi Marco Filippo.
Ferraboschi Cav. Luca.
Ferroni Cav. Avv. Carlo.
Fogacci Prof. Severiano.
Frazioli Com. Conte Michele.
Fusignani Giuseppe.
Gatta Antonio.
Gabbrielli Cesare.
Gabbrielli Virginio.
Gardini Cesare.
Gennari Casimiro.
Gherardi Raffaele.
Ginesi Luigi.
Ginrovich Odoardo.
Grassini Vincenzo.
Guastaveglia Nicola.
Lazzari Roberto.
Loverdo Demetrio.
Luzzi Ugo.
Malacari Conte Alessandro.
Massi Massimo.
Matteucci Com. Francesco.
Mazzoleni Avv. Angelo.
Mengoni Filandro.
Mengozzi Dott. Pietro.
Mimi Paolo.
Montanari Nazzareno.
Mutavelli Giuseppe
Nelva Giuseppe.
Nemmi Tommaso.
Pacetti Luigi.
Pais Colonnello Francesco.
Pallini Cesare.
Panzini Luigi.
Paradisi Avv. Augusto.
Pavia Germanio.
Pelosi Domenico.
Penacchietti Ruggiero.

N. B. Saranno pubblicati in seguito gli altri nomi dei Signori sottoscrittori di Ancona e degli altri luoghi.

INDICE DEL SECONDO FASCICOLO

SEZIONE II.

Prezzo d' ogni Fascicolo Lire **2, 50.**